

<https://helda.helsinki.fi>

Kansainvälinen kemian vuosi: Kemia osaksi hyvää elämää : VI Valtakunnalliset kemian opetuksen päivät -symposiumkirja

Kemian opetuksen keskus, Kemian laitos, Helsingin yliopisto
2011

Aksela , M , Pernaa , J & Happonen , M (toim) 2011 , Kansainvälinen kemian vuosi: Kemia osaksi hyvää elämää : VI Valtakunnalliset kemian opetuksen päivät -symposiumkirja .
Kemian opetus , Kemian opetuksen keskus, Kemian laitos, Helsingin yliopisto , Helsinki .

<http://hdl.handle.net/10138/306404>

unspecified
publishedVersion

Downloaded from Helda, University of Helsinki institutional repository.

This is an electronic reprint of the original article.

This reprint may differ from the original in pagination and typographic detail.

Please cite the original version.



Maija Aksela, Johannes Pernaa & Marja Happonen (toim.)

Kansainvälinen kemian vuosi: Kemia osaksi hyvää elämää

VI Valtakunnalliset kemian opetuksen
päivät -symposiumkirja

Julkaisija: Kemian opetuksen keskus, Kemian laitos, Helsingin yliopisto
Taitto: Johannes Pernaa
ISBN 978-952-10-7419-6 (nid.)
ISBN 978-952-10-7420-2 (PDF)
ISSN 1797-1517
Unigrafia Oy
Helsinki 2011

Alkusanat

Kuudennet Valtakunnalliset kemian opetuksen päivät järjestettiin maaliskuussa 2011 Helsingissä Kemian päivien yhteydessä. Tapahtuma järjestettiin yhteistyössä Valtakunnallisen LUMA-keskuksen ja Suomen Kemian Seuran Kemianopetuksen jaoston kanssa.

Koulutus oli osittain Opetushallituksen rahoittamaa opetustoimen henkilöstön täydennyskoulutusta. Ensimmäisen päivän tapahtumapaikkana toimi Helsingin Messukeskus Pasilassa, jossa toimi myös samaan aikaan Kemian Päivät ja ChemBio-messut. Toisen päivän tapahtumapaikkana toimi Helsingin Yliopiston Kemian laitos, Kumpulan tiedekampuksella.

Ohjelmassa käsiteltiin kansainvälisen Kemian vuoden 2011 teemoja: Terveyttä, hyvinvointia, ympäristöä ja energiaa sekä ajankohtaisia kemian opetuksen asioita. Päivien tavoitteena oli tukea kemian opetusta eri asteilla, kemian opettajankoulutuksessa sekä edistää suomalaista kemian opetuksen tutkimusta. Siten tämän kirjan nimeksi muodostui Kansainvälinen kemian vuosi: Kemia osaksi hyvää elämää. Päivien ohjelmaan voi tutustua liitteissä.

Kirjassa on julkaistuna osa päivien esityksistä: 11 artikkelia sisältäen uutta tietoa opetussuunnitelmatyöstä, uusista lähestymistavoista kemian opetuksessa sekä sen tutkimuksesta.

Tämä kirja on omistettu kiitoksin opetusneuvos Marja Montoselle, joka on tehnyt merkittävän elämäntyön kemian opetuksen parissa ja jää ansaitulle eläkkeelle keväällä 2012.

Iloa kemiasta, sen opetuksesta ja opiskelusta!

Helsingissä 7. joulukuuta 2011

Maija Aksela
professori
Kemian opetuksen keskus
Kemian laitos
Helsingin yliopisto

Johannes Pernaa
projektitutkija
Kemian opetuksen keskus
Kemian laitos
Helsingin yliopisto

Marja Happonen
Kemian opetuksen päivien puheenjohtaja
Kemian opetuksen keskus
Kemian laitos
Helsingin yliopisto

Sisällys

Alkusanat	3
<i>Maija Aksela, Johannes Pernaa & Marja Happonen</i>	

I Yleisartikkelit

Kemian opetussuunnitelma uudistuu	8
<i>Marja Montonen</i>	
Kansainvälinen kemian vuosi 2011: Suomalainen kemian osaaminen ja innovaatiot osaksi opetusta	11
<i>Maija Aksela</i>	
Kokeellista kemiaa Kemianluokka Gadolinissa	14
<i>Maija Aksela & Simo Tolvanen</i>	
Projektiopinnot KPAMK:n kemiantekniikassa	18
<i>Maija Rukajärvi-Saarela & Tiina Ylä-Kero</i>	
Tutkiva kemian opettaja: Kemian käsitteiden ja ilmiöiden opetus sekä oppiminen (osa III)	27
<i>Maija Aksela, Veli-Matti Vesterinen, Johannes Posti, Katariina Grönberg, Tanja Ikonen, Emma Haakana, Olli Pulkkinen, Milja Selin, Meri-Tuuli Toivanen, Jaakko Turkka, Ville Paasonen, Keijo Arajärvi, Toni Rantaniitty & Terhi Korhonen</i>	
Vuorovaikutteinen Liikkeelle! -oppimisympäristö: Liikenteen vaikutus ilmanlaatuun -tutkimus Suomen kouluissa	53
<i>Päivi Ojala</i>	
Nuoren ympäristösuhde syntyy konkreettisesta toiminnasta	60
<i>Eila Hämäläinen</i>	

II Tutkimusartikkelit

Kemian noviisiopettajien käsityksiä opettajan työstä ensimmäisinä työvuosina	72
<i>Heidi Handolin & Maija Aksela</i>	
Opettajien kokeellisten laboratoriotöiden valinnat	84
<i>Päivi Tomperi & Maija Aksela</i>	
Elinkaariajattelu ja tutkimuksellinen opiskelu kemian opetuksessa	96
<i>Marianne Juntunen & Maija Aksela</i>	
Kehittämistutkimus: Kemian kouluopetukseen soveltuvan molekyyllimallinnusympäristön kehittäminen	110
<i>Johannes Pernaa & Maija Aksela</i>	
Liite 1 – Kemian opetuksen päivät 2011 ohjelma	122
Liite 2 – Tutkimusartikkelien arviointikriteerit	124

I Yleisartikkelit

Kemian opetussuunnitelma uudistuu

Marja Montonen
Opetushallitus

Maamme tietoyhteiskuntakehitys, kestävä kehityksen haasteet ja kilpailukyvyistä huolehtiminen edellyttävät, että kouluissamme panostetaan tasa-arvoisesti ja määrätietoisesti kaikkien oppilaiden luonnontieteiden, matematiikan sekä tieto- ja viestintätekniikan osaamiseen. Nuoret tarvitsevat yleissivistyksen, johon kuuluu tärkeänä osana laaja matemaattis-luonnontieteellinen ja teknologinen sivistys sekä jatko-opinnoissa että päätösten teon pohjana yhteiskunnassa ja kuluttajana.

Opetuksen yleisistä valtakunnallisista tavoitteista sekä opetukseen käytettävän ajan jakamisesta eri oppiaineiden ja aineryhmien opetukseen (tuntijako) päättää valtioneuvosto. Opetuksen kehittämiseen vaikuttavat myös hallitusohjelmassa sekä opetus- ja kulttuuriministeriön koulutuksen ja tutkimuksen kehittämissuunnitelmassa vuosille 2011 – 2016 (KESU) määritellyt koulutuspoliittiset tavoitteet.

Perusopetus

Opetus- ja kulttuuriministeriön asettama työryhmä "Perusopetus 2020 – yleiset valtakunnalliset tavoitteet ja tuntijako", jätti esityksensä kesällä 2010. Tässä työryhmän esityksessä luonnontieteiden opetuksen kokonaistuntimäärä pysyi samana, mutta kaikkien luonnontieteiden pakollisia opetustunteja vähennettiin siirtämällä oppiainekokonaisuuden syventäviin opintoihin 7.- 9.-luokilla osoitettu kaikkiaan neljä vuosiviikkotuntia. Tämä on ristiriidassa muistion perustelujen kanssa, joissa korostettiin luonnontieteellistä, teknologista ja matemaattista osaamista kansalaisen arkielämässä sekä talouden kilpailukyvyen varmistamista. Työryhmän esitys ei edennyt valtioneuvostoon saakka, ja artikkelin kirjoittamishetkellä (marraskuussa 2011) opetus- ja kulttuuriministeriön virkamiestyöryhmä valmistelee uutta, maltillisempaa esitystä, joka tulisi antaa helmikuun (2012) loppuun mennessä. Vasta asetuksen vahvistamisen jälkeen käynnistyy opetussuunnitelman perusteiden valmistelu perusopetuksen osalta (vuoden 2012 aikana).

Suomalaislasten luonnontieteiden osaaminen on kansainvälisessä vertailussa erittäin hyvällä tasolla. Opetus näyttää tukevan hyvin oppilaiden minäkuvaa ja pystyvyyden tunnetta. Heikosti menestyviä oppilaita on kansainvälisesti vertaillen poikkeuksellisen vähän, eli osaaminen luonnontieteissä on melko tasaista. Tulokset ovat myös parantuneet huomattavasti 2000-luvun aikana tehdyissä PISA-arvioinneissa. Tuoreita kansallisia arviointituloksia luonnontieteissä on perusopetuksen alaluokilta, joilla osaamisen taso on hyvää ja asenteet myönteiset.

PISA-arvioinneista vastanneet tutkijat pitävät valtioneuvoston asetuksen sisältämiä perusopetuksen nykyisiä tavoitteita ja tarkasteltujen aineiden tuntimääriä relevantteina eivätkä näe niissä olennaista muutostarvetta. Kansallisetkaan oppimistulosten arvioinnit eivät suoraan viittaa tavoitteiden tai tuntijaon suuriin muutostarpeisiin. Selkeitä perusteluja

oppiainejakoisen tai eheytyneen opetuksen puolesta ei oppimistulosten arviointien perusteella voida esittää. Kuitenkin pyrkimyksenä lienee, että käynnistyvässä opetussuunnitelmatyössä muodostetaan entistä enemmän oppiainekokonaisuuksia, joiden keskeisenä tehtävänä on osoittaa yhteiset näkökulmat ja luoda synergiaa toisiaan lähellä olevien oppiaineiden välille. Vaikkakin luonnontieteillä on menetelmällisesti paljon yhteistä, on kemia, fysiikka ja biologia syytä pitää kuitenkin omina oppiaineinaan perusopetuksen viidenneltä luokalta lähtien. Oppiainejaon taustalla ovat vastaavat tiedon- tai tieteenalat, jotka ovat rakentuneet vuosisatojen kuluessa. Niillä on oma looginen rakenteensa, tiedonstruktuurinsa ja käsitejärjestelmänsä, joiden avulla ne jäsentävät ympäröivää todellisuutta ja sen ilmiöitä.

Lukiokoulutus ja ylioppilastutkinto

Lukiokoulutuksen yleisiä tavoitteita ja tuntijakoa valmisteleva työryhmä (tuntijakoryhmä) asetetaan vasta perusopetuksen tuntijakoa koskevien päätösten jälkeen. Mielenkiinnolla odotan, millainen on työryhmän kokoonpano ja työskentelyn aikataulu. Lukiokoulutuksen kehittämisen toimenpide-ehdotuksia valmisteleva työryhmä (OKM 2010) jätti esityksensä syksyllä 2010, mutta esitykset on otettu huomioon opetus- ja kulttuuriministeriön KESU-luonnoksessa vain osittain. Eniten keskustelua on herättänyt myös hallitusohjelmassa mainittu tieto- ja viestintätekniikan käyttöönotto ylioppilastutkinnon kokeissa. Tämä edellyttää huomattavaa tieto- ja viestintäteknologian (TVT) käytön lisäämistä opetuksessa ja oppimisessa sekä tieto- ja viestintäteknisten laitteiden, ohjelmistojen ja verkkoyhteyksien hankinnan tukemista. Monilla kemianopettajilla on jo kokemusta digitaalisten oppimisympäristöjen käyttämisestä lukio-opetuksessa ja -kokeissa, kuitenkin sangen monet kaipaavat pikaista lisäkoulutusta. Opetushallituksessa on aloitettu digitaalisten kurssikokeiden kehittäminen ja pilotointi joissain oppiaineissa kemia mukaan lukien.

Kemian kannalta tieto- ja viestintäteknologian käyttö opetuksessa ja oppimisessa on mielestäni tärkein ja suurin haaste kuluvalla vuosikymmenellä. Kemianopettajille tulisikin pikaisesti käynnistää täydennyskoulutusohjelma, johon sisältyisi myös tietokoneen käyttö kurssikokeissa.

Hallitusohjelmaan sisältyy myös tutkintoon sisältyvien koearvosanojen vertailukelpoisuuden lisääminen yli koerajojen ja kirjoituskertojen. Kovin haasteellisenä pidän esimerkiksi kemian ja terveystiedon kokeiden vertaamista. Tämä merkitsisi kriteeripohjaiseen arviointiin siirtymistä, jolloin puolestaan menetetään saman aineen kokeen eri koekertojen vertailtavuus. Huomioon ei myöskään ole otettu sitä, että kysymys on kovin erilaisesta vastaajajoukosta ja jatko-opintosuunnitelmista. Kemian, fysiikan ja biologian kokeeseen osallistuneet kokelaat menestyvät tutkinnossa paremmin kuin muiden reaaliaineiden kirjoittajat, mutta tästä ei voida suoraan päätellä kokeen vaikeustasoa. Ongelma eri kokeiden vertailtavuudesta on paremminkin noussut joidenkin korkeakoulujen valintaperusteista, joissa minkä tahansa reaaliaineen paras arvosana otetaan huomioon alkupisteissä.

Uusissa perusopetuksen ja lukion opetussuunnitelmissa olisi keskeistä kiinnittää

huomio entistä monipuolisempiin oppimisympäristöihin. Erityisesti kemian opetuksessa oppilaitosten ja yritysten sekä tutkimuslaitosten välinen yhteistyö tulisi kirjata painokkaasti opetussuunnitelmiin. Kemian tutkimukseen ja teknologiaan tutustuminen tarjoaa opiskelijalla mahdollisuuden käytännössä nähdä, missä kemian tietoja tarvitaan, miten tietoja käytetään ja minkälaisissa ammateissa kemian tiedot ovat välttämättömiä. Ymmärrys kemiallisen tiedon merkityksestä puolestaan vahvistaa oppimismotivaatiota ja osaltaan lisää kemian opiskelijoiden määrää.

Kemian juhlavuoden aikana on kemiallisen tiedon merkitystä tehty tunnetuksi monilla foorumeilla, mikä on osaltaan lisännyt kemian arvostusta ja kiinnostusta opiskeluun. Vaikka kansainvälinen juhlavuosi onkin lopuillaan, ”Chemistry is still our life and our future”.

Lähteinä toimineet asiakirjat

Pääministeri Jyrki Kataisen hallituksen ohjelma 22.6.2011, Valtioneuvosto.

Koulutus ja tutkimus vuosina 2011 – 2016, Koulutuksen ja tutkimuksen kehittämissuunnitelma, (KESU) luonnos 13.9.2011, Opetus- ja kulttuuriministeriö.

Perusopetus 2020 – yleiset valtakunnalliset tavoitteet ja tuntijako, Opetus- ja kulttuuriministeriön työryhmämuistioita ja selvityksiä 2010:1.

Lukiokoulutuksen kehittämisen toimenpide-ehdotuksia valmistelevan työryhmän muistio, Opetus- ja kulttuuriministeriön työryhmämuistioita ja selvityksiä 2010:14.

Kansainvälinen kemian vuosi 2011: Suomalainen kemian osaaminen ja innovaatiot osaksi opetusta

Maija Aksela

Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto

Suomalainen kemian osaaminen on avainasemassa Suomen hyvään tulevaisuuteen. Hyvin ajankohtainen kysymys on, miten saamme jatkossa riittävästi osaajia lukuisille kemialla tarvitseville aloille. Kemian eri ammattien osaajat, nykytutkimuksen asiantuntijat, tutkimusesimerkit sekä innovaatiot olisi tärkeä saada osaksi kemian opetusta. Erityisen tärkeää olisi tuoda esille suomalaista kemian osaamista, osaajia ja innovaatioita sekä menestyviä suomalaisia yrityksiä innostavina esimerkkeinä.

1. Kemia -osa hyvää elämää

Kemia on yksi nopeimmin kehittyvä tiede: joka päivä maailmalla julkaistaan tuhansia tieteellisiä artikkeleita ja tehdään satoja kemian innovaatioita. Suomalaiset kemian alan asiantuntijat ovat perustutkimuksella ja uusilla innovaatioilla luoneet vahvan pohjan sille, että Suomesta on kehittynyt syrjäisestä maatalousvaltiosta huipputieteen ja -teknologian maa.

Suomalaiset kemiaan pohjautuvat innovaatiot parantavat elämäämme monella tavalla. Keksintösäätiön laatimalla merkittävimpien suomalaiskeksintöjen listalla on monta innovaatiota, joissa kemian osaaminen on ollut merkittävässä roolissa, esimerkiksi AIV-rehu, liekkisulatto metallien valmistuksessa, ksylitoli-makeutusaine, paperikoneiden kehitys- ja ympäristösuojelukeksinnöt, luunmurtumien hoidossa käytettävät biohajoavat istukkeet, matkapuhelimiin ja tietotekniikkaan liittyvät keksinnöt ja kolesterolia vähentävä margariini.

Kansainvälisen kemian vuoden kunniaksi kemian vuotta koordinoiva Suomen Kemian Seura on listannut sivuilleen muutaman arkea ja hyvinvointia edistävän suomalaisen kemian innovaation: älykäs pinnoite, polttoainetta biojätteistä, Parkinsonin taudin lääke, suksien voiteluun pitoteippi ja maitotuotteita laktoosi-intolerenssista kärsiville (ks. lisää: <http://www.kemia2011.fi/>). Uusi merkittävä ja maailmanlaajuisen suosion saanut suomalainen kemian keksintö on myös kipsaustuotekonsepti (ks. <http://www.kemia-lehti.fi/pdf/2011-4-15.pdf>). Se on myrkytön, biohajoava, paljain käsin käsiteltävä sekä helposti muotoutuva.

2. Suomalaista kemian kulttuuria ja historiaa opetukseen

Kouluopetuksessa ja tiedotusvälineissä olisi tärkeä tuoda entistä enemmän esille suomalaisia esikuvia, osaamista ja innovaatioita, luovuutta sekä positiivisia ratkaisuja, esimerkkejä ja myönteistä ajattelua. Lasten ja nuorten olisi hyvä oppia tuntemaan oman maan kemian kulttuuria sekä kemian tutkimuksen luonnetta. Omien juurien tunteminen

tuo vahvuutta, itseluottamusta ja uskoa omaan osaamiseen sekä on hyvä pohja myös jatkossa yhä tärkeämpään kansainväliseen vuorovaikutukseen.

Lasten ja nuorten kiinnostuksen tukemiseksi ja lisäämiseksi tarvitaan monipuolisia lähestymistapoja ja opetusmenetelmiä. Oivallus -raportin mukaan myös uusia innovaatioita edistävää luovaa oppimista tulisi lisätä. Sitä tukevat oppilaan näkökulmasta muun muassa seuraavat asiat: mahdollisuus osallistua, ehdottaa ja keksiä, mahdollisuus tutkia ja etsiä yhteyksiä asioiden välille sekä ilmapiiri, jossa korostuu tekemisen ilo. Tiivis yhteistyö kotien, koulujen, yritysten, korkeakoulujen, järjestöjen ja paikallisten toimijoiden välille on tärkeää.

Seuraavia kysymyksiä olisi tärkeä pohtia kemian opetuksen suunnittelussa ja saada oppilaat aktiivisiksi aiheen oppijoiksi: Mikä on nykytilanne oppilaidesi kemian Suomietietoisuudessa? Tuntevatko he oman maan kemian kulttuurin juuria, vahvaa kehitystä sekä innovaatioita? Tietävätkö nuoret, että Suomi on ensimmäisenä maailmassa lukuisten kemian tuotteiden viennissä ja innovaatiot perustuvat pitkälti kemian vahvaan osaamiseen? Tietävätkö he tämän päivän suomalaisista kemian osaajista, entä osaajista kautta aikojen, uuden tiedon ja innovaatioiden syntyprosessista, sekä innovaatioiden merkityksestä hyvinvoinnille ja vaikkapa ympäristökysymyksissä? Tietävätkö riittävästi, että kemian osaamisella on hyvä tulevaisuus, niitä kannattaa opiskella ja alalla tehtävä työ on sekä kansallisesti että kansainvälisesti merkittävää?

3. Esimerkkejä ja materiaaleja kemian opetukseen

Kemian opetuksessa voidaan monin eri tavoin hyödyntää suomalaista kemian osaamista. Oppilaat voivat tehdä kysymyksiä aiheesta ja etsiä tietoa eri lähteistä. He voivat haastatella alan osaajia, tehdä esityksiä, postereita ja vaikkapa piennäytelmiä. Vierailut eri oppilaitoksiin, korkeakouluihin ja yrityksiin on oiva tapa kohdata nykyajan osaajia. Myös asiantuntijoiden kutsuminen omaan kouluun on mahdollista. Entisiä koulun oppilaita, jotka ovat suuntautuneet alalle, voi kutsua mukaan tunneille tai vaikkapa valtakunnallisella LUMA-viikolla.

LUMA-keskukset (<http://www.luma.fi>) eri puolilla Suomea tarjoavat mahdollisuuksia tavata nuorempia ja vanhempia kemian asiantuntijoita. Esimerkiksi Kemianluokka Gadolin Helsingin yliopiston kemian laitoksella (<http://www.kemianluokka.fi>) tarjoaa maksuttomia palveluja tutustua oikeaan tutkimukseen ja tutkijoihin joko laboratoriossa, tiedeleireillä tai Gadolin klubeissa. Nuorten verkkolehdistä (Luova, MyScience) julkaistaan esimerkkejä kemian asiantuntijoista. Opettajille tarjotaan täydennyskoulutusta aiheista.

Suomen toiseksi suurimman teollisuuden alan—Kemianteollisuus ry:n verkkosivuilta on saatavilla opetukseen useita suomalaisia innostavia menestystarinoita (<http://www.chemind.fi/menestystarinat>). Kemiasta alana löytyy runsaasti tietoa myös KTY:n verkkosivuilta (<http://report.chemind.fi/>). Kemia tänään -tapahtumissa on käsitelty suomalaisia innovaatioita ja yrityksiä. Esimerkiksi metsä ja kemia -aiheesta löytyy hyviä esitysmateriaaleja KTY:n sivuilta (<http://www.chemind.fi/kemia-tanaan-opettajakoulutus>) tai Opetin -verkkolehdestä.

Suomalaisista kemian osaajista löytyy hyvää materiaalia Kansainvälisen kemian vuoden verkkosivuilta (<http://www.kemia2011.fi/>). Muutamien suurten suomalaisten kemistien elämäntarinoita on saatavilla Kemia-Kemi-lehdestä (esim. http://www.kemia-lehti.fi/paras_kemisti.htm). Esimerkkejä kemisteistä on myös Kemisti Galleriassa (<http://suomalaistenkemistienseura.fi/sivut/galleria/>). Nobelisti Virtasesta on saatavilla kaksi mielenkiintoista kirjaa (kirj. Matti Heikonen): AIV-Keksintöjen aika ja AIV-Isänmaan aika.

Suomalaisista nykytutkijoista on käytettävissä monia hyviä esimerkkejä. Vuonna 2011 A.I. Virtasen palkinnon saanut prof. Markku Leskelän työ on hyvä esimerkki materiaalikemian uusista innovaatioista (<http://suomalaistenkemistienseura.fi/wp/a-i-virtanen-%E2%80%93palkinto-merkittavalle-kemian-tutkijalle-professori-markku-leskelalle/>). Aurinkoenergiainnovaatioista on palkittu vuonna 2011 kaksi suomalaista kemistiä: (<http://www.technologyacademy.fi/index.php?mact=News,cntnt01,detail,0&cntnt01articleid=266&cntnt01detailtemplate=Uutiset&cntnt01returnid=156>)

Ajankohtaista tietoa kemian tutkimuksesta on saatavissa suomeksi Kemia-Kemi – lehden lisäksi myös verkkoluentojen kautta. LUMA Sanomat ovat julkaisseet syksyn 2011 Studia Generalia -luennot verkkosivuillaan (<http://www.luma.fi/videot/>). Luennoilla Helsingin yliopiston lääkekemian professori Jari Yli-Kauhaluoma kertoi luonnosta löytyvistä lääkeaineista ja epäorgaanisen materiaalikemian professori Mikko Ritala kertoo uusista materiaaleista. Epäorgaanisen kemian professori Timo Repo kertoo vihreästä kemiasta ja sen mahdollisuuksista kestävä kehityksen edistämiseksi. Helsingin yliopiston kemian laitoksen tutkimuksesta saa tietoa muun muassa Kemiauutiset -verkkolehdestä (<http://www.helsinki.fi/kemia/kemiauutiset/>).

Valtakunnallinen LUMA-toiminta ja KEMMA -kemian opetuksen keskus (ks. <http://www.helsinki.fi/kemma>) pyrkivät tukemaan oppilaiden, opiskelijoiden ja opettajien elinikäistä kemian oppimista eri tavoin. Maailman ja Suomen hyvä tulevaisuus on kemiaa monipuolisesti osaavissa ja siitä innostuneissa lapsissa sekä nuorissa!

Kokeellista kemiaa Kemianluokka Gadolinissa

Maija Aksela & Simo Tolvanen

Kemian opetuksen keskus, Kemian laitos, Helsingin yliopisto

Kemianluokka Gadolin on uudentyyppinen oppimisympäristö Helsingin yliopistolla. Toiminnallinen opintokäynti tarjoaa oppilaille mahdollisuuden tutkia kemian ilmiöitä aidossa laboratoriossa kemian laitoksella. Kemianluokka Gadolin on ollut yliopiston, teollisuuden ja yritysten yhteistyöhanke vuodesta 2008. Sen käytännön toimintaa johtaa ja koordinoi valtakunnallisen LUMA-keskuksen alainen Kemian opetuksen keskus, Kemma Kemian opettajankoulutusyksikön yhteydessä. Kemianluokka Gadolinissa on vierailut tähän mennessä yli 8000 lasta ja nuorta, opettajaa, toimittajaa, yritysten asiantuntijoita, vanhempia ja kansainvälisiä vieraita. Tässä artikkelissa esitellään Kemianluokan mahdollisuuksia sekä kemian opettajien suosimia kokeellisia oppilastöitä lukuvuonna 2010-11.

1. Kemianluokka Gadolinin mahdollisuuksia

Kemianluokka Gadolin (<http://www.kemianluokka.fi>) tarjoaa eri ikäisille oppilas- ja opiskelijaryhmille maksuttomia opintokäyntejä, jotka suunnitellaan yhdessä opettajan kanssa ryhmän kemian opetuksen tavoitteita tukeviksi.

Opintokäynnin opettaja voi rakentaa neljästä tarjottavasta osiosta: (1) laboratoriotyöskentely, (2) molekyylihallinnus, (3) tutkimuslaboratoriovierailut sekä (4) yleisesitykset ja kierrokset. Mahdollisuudet ja yhteystiedot on kuvattu yksityiskohtaisesti Kemianluokka Gadolinin verkkosivuilla. Vierailujen keskimääräinen kesto on yleensä 2-3 tuntia, mutta vierailun keston voi olla myös pitempi. Vierailuita ohjaavat opiskelijoista koostuva 8 hengen Kemianluokka Gadolinin ohjaajatiimi. He ovat joko tulevia kemistejä tai opettajia.

Laboratoriossa oppilaat pääsevät tekemään kokeellista kemiaa perinteisillä ja moderneilla laboratoriovälineillä sekä laitteilla. Gadolinin laboratorio on varustettu mm. nestetypellä, heliumilla, FT-IR:llä, spektrofotometreillä, kaasukromatografilla. Työohjeita on kehitetty sekä kemian laitoksen asiantuntijoiden että teollisuuden asiantuntijoiden kanssa yhteistyössä. Osa töistä on kehitetty opinnäytetöinä yhteistyössä Kemian opettajankoulutusyksikön opiskelijoiden kanssa. Työohjeisiin voi tutustua Kemianluokka Gadolinin verkkosivuilla (<http://www.kemianluokka.fi>). Osa verkkosivuilta löytyvistä työohjeista sopii sellaisenaan myös kouluissa tehtäviksi ja osan tekemiseen tarvittavat välineet ja ohjeet voi lainata Kemianluokka Gadolinista työsalikkuna.

Toiminnallinen vierailu Kemianluokassa on yleensä osa kouluopetusta. Ennen vierailua opettajat käsittelevät aihetta koulussa, sen jälkeen tulevat tekemään yhden tai useamman kokeellisen työn ja/tai molekyylihallinnuksen Gadolinissa ja lopuksi käsittelevät vielä aihetta koulussa oppilaiden kanssa keskustellen. Usein oppilaat tekevät työstä joko työselostuksen tai lyhyemmän raportin omalle opettajalleen. Kokeellinen työskentely on myös osa arviointia.

Molekyylihallinnuksessa opiskelijat pääsevät hahmottamaan ilmiöitä ja tapahtumien syitä mikrotasolla. Mallinnuksessa voidaan tutkia esimerkiksi veden pintajännitystä tai

katalyyttien vaikutusta syntyvän muovin rakenteeseen ja ominaisuuksiin. Usein mallinnus yhdistetään laboratoriossa tehtävään kokeelliseen työhön. Molekyylien rakentaminen on sekä lapsista että nuorista mielenkiintoista.

Tutkimuslaboratoriovierailulla opiskelijat pääsevät tapaamaan kemian laitoksen tutkijoita ja tutustumaan nykytutkimukseen. Tutkijan työnkuvasta, uusimmasta tutkimuksesta ja kemiasta kertovan tutkimusvierailun tavoitteena on saada lapset ja nuoret ymmärtämään kemian merkityksen ja mahdollisuudet myös tulevaisuudessa sekä tukea kiinnostusta kemian opiskeluun. Kierroksella ja yleisesityksessä kerrotaan kemiasta ja kemian opinnoista joko yleisellä tasolla, tai tarkemmin kemian opiskelusta Helsingin yliopistossa.

Täydennyskoulutus ja kemian aineenopettajien peruskoulutus toimivat tiiviissä yhteistyössä. Opettajille järjestetään Kemianluokka Gadolinissa kerran kuussa 2,5h kestävä kokeellisuusiltapäivä, missä testataan kokeellisuuden uusia töitä kuukausittain vaihtuvan teeman mukaisesti (ks. aikataulut LUMA Sanomista: <http://www.luma.fi>).

Kemianluokka Gadolinin toiminnasta kerätään jatkuvasti palautetta sekä oppilailta että opettajilta ja toimintaa kehitetään sen mukaisesti. Gadolin on saanut opettajilta toiminnastaan erinomaista palautetta (Aksela & Pernaa, 2008; Happonen & Aksela, 2011).

2. Suosittuja kokeellisia töitä Kemianluokka Gadolinissa

Kemian opettajat ehdottavat töitä vierailulle tai kysyvät niiden suunnittelussa apua ohjaajilta. Kemianluokka Gadolinissa tehtyjä kokeellisia oppilastöitä ja kokemuksia niistä on koottu asteittain (Taulukot 1, 2 & 3) ohjaavilta opiskelijoilta lukuvuonna 2010-11.

Gadolinissa vierailee ryhmiä eri asteilta: pääasiallisesti ne ovat päiväkodeista, peruskoulusta ja lukiosta. Jos ryhmä vierailee tunnin verran Kemianluokka Gadolinissa, niin siellä tehdään yleensä useampi lyhytkestoisempi työ. Kokeelliset työt voidaan toteuttaa myös työpistetyöskentelynä. Esimerkiksi Superpallon, Muovia maidosta -työn ja Nestetyypidemonstraation oppilasryhmä pystyy tekemään tunnissa.

Muovia maidosta ja sokerisateenkaari ovat olleet pienten lasten suosituimpia töitä (Taulukko 1) niiden konkreettisuuden vuoksi. Myös työt, jotka herättävät kysymyksiä, ovat kiehtoneet lapsia.

Taulukko 1. Suosittuja kokeellisia töitä päiväkodista tai perusopetuksen alakoulusta vieraileville oppilaille.

Kokeellisen työn nimi	Kesto aika	Kokemuksia
Muovia maidosta	25 min	Kiva työ ja saa kotiin viemisiä.
Sokerisateenkaari	35 min	Työ toimii hyvin juuri pienille oppilaille
Sormenjälkityö	20 min	Sormenjälkityössä osalla on vaikeuksia jälkien havainnoinnissa.
Öljyonnettomuus	10 min	Työ herätti paljon kysymyksiä.
Saippuakuplatyö	60 min	Kuplat herättävät kysymyksiä.
Tiedelimu ja vaahtokarkit	60 min	Kiinnostaa oppilaita.

Yläkoululaisia ovat kiinnostaneet sekä tutkimusta vaativat että konkreettiset työt (ks. Taulukko 2). Osa valituista töistä on ollut samoja kuin pienemmillä lapsilla, mutta kemian teoriaa niitä käsitellään syvemmillä.

Taulukko 2. Suosittuja kokeellisia töitä peruskoulun yläkoulussa.

Kokeellisen työn nimi	Kestoaika	Kokemuksia
Vedenpuhdistus	20 min	Konkreettinen työ kiinnostaa.
Kasvien väriaineiden erotus TLC:llä	60 min	Lukiolaisille tehtyä työtä voidaan soveltaa myös perusopetukseen.
Luonnonindikaattorin valmistaminen	45 min	Hauska ja arkipäiväinen työ.
CSI verijäljet	15 min	Se on nopea työ, mutta silti motivoiva, koska rikoslaboratorio on mielenkiintoinen. Helppo ja nopea työ, vaatii havaintojen tekoa ja animaation kanssa hyvä kokonaisuus.
Nestetyyppidemoja	15 min	Demot herättävät kysymyksiä, pohdintaa ja keskustelua.
Saippuan valmistus	65 min	Työ aktivoi oppilaita kysymään.
Ilmaa vai heliumia	20 min	Työ aktivoi oppilaita ajattelemaan.
Lima	15 min	Työ kiinnostaa oppilaita. ”Kemia on kivaa!”
Superpallo	20 min	Oppilaista pallon pomppiminen tuottaa iloa.
Muovia maidosta	25 min	Kiva työ ja saa kotiin viemisiä.
Elefantin hammastahna	15 min	Kiva työ ja herättää kysymyksiä.
Polttokennot: vetyautot	1h 30 min	Konkreettinen työ.
Tuntemattomien aineiden tunnistus	45 min	Oppilaista on mukava olla nk. salapoliisina.

Lukiolaisilla suosituimmat kokeelliset työt ovat olleet pääasiallisesti laitetöitä, joita ei voi tehdä koulussa (ks. Taulukko 3). Muutama työ on ollut kuitenkin sama kuin peruskoululaisilla, mutta myös niissä kemian teoriaisuus on käsitelty syvemmin.

Taulukko 3. Suosituttuja kokeellisia oppilastöitä lukiossa.

Kokeellisen työn nimi	Kestoaika	Kokemuksia
Aspiriinin määrittäminen spektrofotometrisesti	60 min	Lääkekemia kiehtoo lukiolaisia. Työ on sopiva taitotasoltaan ja oppilaat työskentelevät keskittyneesti
Aspiriinin valmistus ja puhtauden tutkiminen	1h 40 min	Lukiolaisille mielenkiintoinen työ: uusia menetelmiä ja välineitä.
Alkoholien tunnistus kaasukromatografilla	1h	Uusi menetelmä kiehtoo. Työ on hyvä, yksinkertainen ja ymmärrettävä.
Kuparipitoisuuden määrittäminen spektrofotometrisesti	1,5 h	Hyvä työ, ymmärrettävä teoria, vähän itse tehtävää.
Koulussa valmistetun IR:n tutkiminen FT-IR:llä	45 min	Oma näyte kiehtoo.
Tuntemattomien aineiden tunnistus IR:llä	30 min	Toimii hyvin hyvän selityksen kanssa.
Veden kovuuden määrittäminen titraamalla	1h	Konkreettinen työ.
Vesianalyysi salkkutyönä	1h	Kiinnostava, jos oma näyte.
Lisäainetutkimuksia	1h	Arkipäivän kemiaa.
TLC väriaineet	40 min	Sopii myös lukiolaisille.
Nestetyypidemoja	10 min	Herättää kysymyksiä.
Muovia maidosta	25 min	Kiva työ ja saa kotiin viemisiä.
CSI verijäljet	30 min	Salapoliisityö kiehtoo aina.

3. Yhteenveto

Kemianluokka Gadolin on suosittu autenttinen ja kokeellinen oppimisympäristö lapsille ja nuorille, sekä nykyisille ja tuleville aineenopettajille. Laboratoriossa pystyy tekemään kokeellista kemiaa perinteisillä ja moderneilla laboratoriovälineillä. Gadolinin laboratorio on varustettu useilla välineillä ja laitteilla, joita ei ole yleensä saatavilla kouluissa. Työohjeita on kehitetty yhteisöllisesti kemian perusopettajankoulutuksen ja opettajientäydennyskoulutuksen yhteydessä, mutta myös sekä yliopiston kemian että teollisuuden asiantuntijoiden kanssa. Kemian opetuksen tutkimustieto on myös osa kokeellisten töiden kehittämistä.

Lähteet

- Aksela, Maija & Pernaa, Johannes (2009). Kemianluokka Gadolin -opettajien kokemuksia uuden oppimisympäristön käytöstä, Kirjassa Aksela & Pernaa (toim.): Arkipäivän kemia, kokeellisuus ja työturvallisuus kemian opetuksessa perusopetuksesta korkeakouluun, Kemian opetuksen keskus, Helsingin yliopisto http://www.helsinki.fi/kemma/opettajille/kemianopetuksenpaivat/helsinki_2009/kop09.pdf.
- Happonen, Marja & Aksela, Maija (2011). Toiminnallisia opintokäyntejä ja uutta kemian opetukseen Kemianluokka Gadolinissa. *Dimensio*.

Projektiopinnot KPAMK:n kemiantekniikassa

Maija Rukajärvi-Saarela & Tiina Ylä-Kero

Tekniikan ja liiketalouden yksikkö Kokkola, Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakoulu

1. Johdanto

Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakoulun kemiantekniikan 1. vuoden opiskelijoilla toteutettiin keväällä 2011 kuuden opintopisteen laajuiset projektiopinnot pohjautuen ongelma-perustaiseen (Problem Based Learning) PBL- menetelmään ja projektimaiseen POPBL- (Project Oriented Problem Based Learning) menetelmään. Kurssin tärkeimpänä tavoitteena on vastata työelämän asettamiin haasteisiin, eli valmentaa omatoimisia, ryhmätyötaitoisia ja yhteistyökykyisiä osaajia työelämään. Opiskelijoista muodostettiin 6 – 7 hengen ryhmät, joiden kanssa lähdettiin tutustumaan ensin PBL-menetelmään ja sitten työstämään laajempaa projektia PBL- ja POPBL -menetelmää hyväksikäyttäen. Projektissa ”Metallin elinkaari” opiskelijat etsivät omatoimisesti tietoa kirjallisuudesta sekä tehdasvierailuista, tutustuivat laboratoriossa rikasteen analysointiin sekä toteuttivat minilyysin eli elektrolyysin pienoiskoossa. Vierailuista ja laboratoriotöistä kirjoitettiin henkilökohtaiset raportit. Kukin ryhmä työsti aiheestaan posterin, jota esiteltiin sekä kurssin loppuseminaarissa että Kemian opetuksen päivillä Helsingissä.

2. PBL- ja POPBL- opiskelumenetelmät

2.1 PBL

PBL edustaa merkittävää, monimutkaista ja laajakantoista muutosta korkea-asteen erityisesti ammatillisessa koulutuksessa. Tällä lähestymistavalla tavoitellaan kahta koulutuksellista päämäärää: tiedonhankinta ja ongelmanratkaisutaitojen kehittäminen tai soveltaminen. PBL -menetelmässä opiskelijoiden oppimisen liikkeellepanevana voimana ovat ongelmat, jotka sekä haastavat heitä aktiivisesti sitoutumaan oppimiseen että stimuloivat heitä luomaan uutta tietoa, joka linkittyy lujasti heidän olemassaolevaan tietoonsa. PBL -ongelmat ovat usein realistisia ja suoraan elävästä elämästä otettuja. (Dolmans & Schmidt 2010, 13)

Tuutorin tehtävänä on toimia opiskelijoiden oppimisen fasilitaattorina. Hänen tehtävänsä on pitää oppimisprosessia käynnissä, testata opiskelijoiden tiedon syvyyttä, varmistaa, että kaikki opiskelijat ovat aktiivisesti mukana prosessissa, seurata kunkin opiskelijan edistymistä oppimisessa ja mukauttaa ongelmahaasteita. Tuutorit ruokkivat opiskelijoiden mielenkiintoa kehittelyvaiheessa ja vuorovaikutustilanteissa kyselemällä kysymyksiä ja tarjoamalla selvennöksiä asioihin, mutta hänen ei ole tarkoitus siirtää asiantuntijuustietoaan opiskelijoille. (Dolmans & Schmidt 2010, 14)

PBL pohjaa konstruktivismiin, jossa oppija aktiivisesti rakentaa omaa henkilökohtaista tietoaan. Oppija käyttää jo olemassaolevaa tietoaan uuden tiedon

tulkinnassa, joten aikaisemman tiedon aktivointi on olennaisen tärkeää uuden tiedon hankinnassa ja ymmärtämisessä. Uuden tiedon liittäminen jo olemassaolevaan tietoon tapahtuu kehittelyaktiviteettien kautta. Näitä aktiviteetteja ovat esimerkiksi keskustelu, havaintojen ja huomioiden teko ja kysymyksiin vastaaminen. (Schmidt, 1993). Konteksti (asiayhteys, tausta) tai tilanne, jossa tieto on hankittu, vaikuttaa siihen, miten ja kuinka tietoa käytetään. Hyvin usein opiskelijoiden on vaikeaa siirtää yhdessä tilanteessa hankkimaansa tietoa toiseen tilanteeseen tai erilaiseen asiayhteyteen. Syynä tähän on, että opiskelijat eivät helposti havaitse, että täysin erilaisilta näyttävissä tilanteissa taustalla voi olla sama syvärakenne. Tiedonsiirtoa voidaan auttaa ankkuroimalla oppimista mielekkäisiin konteksteihin palaamalla asiasisältöön useita kertoja, järjestelemällä asiayhteyttä uudelleen eri tarkoituksiin ja eri perspektiiveistä. (Ertmer & Newby, 1993). Tiedon rakentelua ja kehittämistä edesauttaa myös se, että asiaa joutuu selittämään toisille henkilöille (Chi et al. 1994). Toisin sanoen on tärkeää saada opiskelijat aktiivisesti rakentamaan tietoaan ja kiinnostumaan syvälliseen kehittelyyn ja monipuolisten selitysten antamiseen, koska tämä synnyttää syvempää ja rikkaampaa ymmärrystä ja tiedon parempaa käyttöä. (Harris & Alexander, 1998). PBL:ssä opiskelijoita rohkaistaan pienryhmissä keskustelemaan ja siten käsittelemään ongelmia yksityiskohtaisesti.

Itseohjautuva opiskelu pitää sisällään tavoitteenasettelua, itsensä havainnointia, itsearviointia ja itseään lujittavaa toimintaa sekä itsereflektointia, joiden kaikkien uskotaan vaikuttavan oppimiseen (Loyens & Gijbels, 2008). Itsesäätävän (self-regulated) opiskelu tarkoittaa, että opiskelija on aktiivinen suunnittelussa, monitoroinnissa (kontrolloinnissa) ja oppimisprosessin arvioinnissa. Suunnittelu tarkoittaa sitä, että opiskelija ensin tarkastelee asiaa monista eri suunnista, sitten asettaa selkeän tavoitteen, valitsee sopivat strategiat sekä tunnistaa mahdolliset esteet päästä onnistuneesti päämäärään. Monitorointi tarkoittaa sitä, että oppijat ovat tietoisia siitä, mitä ovat tekemässä ja ennakoivat, mitä tulee tehdä seuraavaksi katsomalla eteen- ja taaksepäin. Oppimisprosessin läpikäynnin jälkeen sekä prosessi itsessään että oppimistulokset arvioidaan kriittisesti. Lisääntyvä tiedonmäärä osoittaa, että kognitiivista itsesäätelyä voidaan opettaa ja että oppijat, jotka käyttävät itsesäätelytaitoja saavat parempia tuloksia sisältöalueelta, johon he ovat soveltaneet näitä taitoja. Itsesäätävä oppiminen voi olla monimutkaista. Se vaatii pohdiskelevaa aktiivisuutta, mutta myös yksinkertaista, automatisoitunutta ja tavanomaista toimintaa. (Boekaerts, 1997). Oppijoita tulisi rohkaista säätelemään omaa oppimistaan sekä motivaatio- että kognitiiviselta suunnalta. PBL:ssä opiskelijoita rohkaistaan tunnistamaan ongelmia, jotka vaativat lisäopiskelua ja aktiivisuutta. Tämän oletetaan stimuloivan itsesäätävää oppimista. Lisäksi keskustelujen ja kehittelyjen PBL -ryhmissä oletetaan herättävän opiskelijoiden luontaista mielenkiintoa asiaa kohtaan samoin kuin heidän motivaatiotaan itseopiskeluun (Schmidt, 1993).

Ongelmaperustaisen oppimisen seitsemän askelta

Ongelmalähtöinen oppiminen (problem based learning) tapahtuu käytännössä seitsemän askeleen vaiheissa. Kurssiin kuuluvan herätteen jälkeiset vaiheet ovat:

1. käsitteiden selventäminen
2. ongelman määrittäminen

3. aivoriihi
4. ongelman analysointi
5. oppimistavoitteiden muodostaminen
6. itseopiskelu
7. purku ja arviointi

Ensimmäiseksi herätteen jälkeen jaetaan ryhmäläisille roolit; puheenjohtaja, sihteeri ja kirjuri sekä tarkkailija. Muut toimivat aktiivisina ryhmän jäseninä. Puheenjohtaja huolehtii ajan käytöstä sekä keskustelujen sujuvuudesta ottamalla jokaisen ryhmäläisen huomioon ja mukaan. Kirjuri kerää aivoriihessä tuotetut ideat taululle. Sihteeri tekee yhteenvedon ja auttaa tarvittaessa kirjuria, toisinaan kirjuri ja sihteeri voivat olla sama henkilö. Tarkkailija nimensä mukaisesti seuraa ryhmäläisten aktiivisuutta ja antaa tutoraalin päätteeksi henkilökohtaisesti palautetta kunkin osallistumisesta. Palautteen annossa voi käyttää metaforia, jolloin palautteen annosta ja saannista tulee miellyttävä tapahtuma. (Huusko, Jokinen & Sarajärvi, 2001)

Virikkeen pohjalta epäselväksi jääneet *käsitteet selvennetään* yhdessä väärinymmärrysten välttämiseksi. Mikäli aihe on tuttua entuudestaan, tämä vaihe voidaan jättää väliin. *Ongelman määrittely* tapahtuu virikkeen pohjalta aivoriihen lähtökohdaksi ja se toimii työnimenä ongelmalle. Kahteen ensimmäiseen vaiheeseen ei aikaa kulu paria minuuttia enempää. *Aivoriihessä* 5 – 12 henkilön ryhmissä ideoidaan herätteen luomia assosiaatiota; sanoja, käsitteitä, lauseita, joita ei perustella. Ideoinnin tulisi olla hyvin vapaata. Aivoriihen kuluu aikaa n. 15 min. Tuotettuja ideoita jäsennellään neljännessä vaiheessa eli *ongelman analysoinnissa* ja ryhmitellään kokonaisuuksiksi. Tarkoituksena on luoda yhteyksiä ja syy-seuraussuhteita listattujen asioiden välille. Tähän vaiheeseen käytetään aikaa yleensä 5 – 20 minuuttia. Saatujen kokonaisuuksien perusteella *muodostetaan oppimistavoitteet*, joiden sopiva määrä on 1 - 4. Oppimistavoitteet ovat sellaisia aiheeseen liittyviä teemoja, joista opiskelijat huomasivat tietävänsä hyvin vähän. Muodostettujen yhteisten oppimistavoitteiden on tarkoitus helpottaa tulevaa itseopiskelua. Aikaa viidenteen vaiheeseen kuluu n. 5 – 20 minuuttia. Viisi ensimmäistä vaihetta toteutetaan aloitustuttoraali-istunnossa, jonka jälkeen alkaa *itsenäisen opiskelun vaihe*. Tässä vaiheessa opiskelijat omatoimisesti etsivät tietoa vastatakseen oppimistavoitteisiin. Opiskelijan tulee olla kriittinen myös internetistä löytyvän materiaalin suhteen. Itseopiskelun aikana opiskelija muodostaa samalla yhteyksiä aikaisemman tietonsa ja uuden tiedon välille konstruoiden omaa käsitystään asiasta. Itseopiskeluun on hyvä varata aikaa vähintään puolitoista työpäivää, sillä materiaalin hankkimiseen ja työstämiseen menee yllättävän paljon aikaa. Viimeinen vaihe, *purku ja arviointi*, toteutuu lopetustuttoraali-istunnossa. Siinä keskustellaan yhdessä ryhmien tuotoksista. Näiden pohjalta ryhmä pyrkii yhdessä vastaamaan asetettuihin oppimistavoitteisiin ja luomaan yhteyden annettuun herätteeseen. Puheenjohtajalla on viimeisessä vaiheessa tärkeä rooli. Purkutilanteen lopuksi käydään lyhyt arviointikierros, mitä mieltä jokainen ryhmän jäsen oli tapauksesta sekä ryhmän toiminnasta. (Huusko, Jokinen & Sarajärvi, 2001)

2.2 POPBL

Projektimaisesti organisoitu ongelmaperustainen oppiminen, POPBL, pohjaa siihen, että oppiminen on aktiivista toimintaa. POPBL on hyvä menetelmä motivoida opiskelijoita, koska näin opiskellessaan opiskelijat samanaikaisesti saavuttavat kurssille asetetut viralliset avainkompetenssit kuin myös toimivat oman mielenkiintonsa kohteen parissa. Projekti itsessään on oppimisprojekti. Kun opiskelijat projektin parissa työskennellessään käyttävät heille opetettua tai muuten hankkimaansa tietoa, he muistavat sen myös helpommin. Oppijat ovat siten vastuussa omasta oppimisestaan. Opettajan tehtävä on huolehtia, että projektin päämäärä on alusta lähtien selkeä. Hän fasilitoi ja auttaa, mutta oppijat ovat vastuussa omasta oppimisestaan ja heidän on itse hankittava projektin tekemiseen tarvittava tieto. (Kjaerside-Storm, 2010, 17-23; Rukajärvi-Saarela et al. 2010, 214-224)

3.Tavoitteet

Projektiurssin lähtökohtana on ollut vastata työelämän koulutukselle esittämään haasteeseen saada omatoimisia, ryhmätyötaitoisia ja yhteistyökykyisiä osajia työelämään. Tähän haasteeseen lähdettiin vastaamaan räätälöimällä projektiurssin tavoitteet seuraavasti:

- Yhteistyötaitojen kehittäminen ja vastuullisena tiimin jäsenenä toimiminen sekä projektimuotoiseen työskentelytapaan perehtyminen
- Omatoiminen tietojen hakeminen sekä kirjallisten ja suullisten esitysten laatiminen, raportointi ja julkistaminen
- Ongelmanratkaisun ja kriittisen ajattelun kehittäminen
- Oppimisympäristöjen ulottaminen koululuokasta ja –laboratoriosta ympäröivään yhteiskuntaan ja teollisuuteen niin, että toteutus tapahtuu teollisuuden ja tutkimuslaitosten kanssa kontakteja luoden ja hyväksikäyttäen
- Kemian perusteet -, Orgaaninen kemia - ja Sovellettu kemia -kurssien sisältöosaamisen syventäminen niin, että opiskelija ymmärtää prosessiteollisuuden ja analytiikan perustuvan epäorgaanisen ja orgaanisen kemian teorialtietoon.

4. Aiheen rajaus

Aihe rajattiin kurssitavoitteiden mukaan suomalaisiin keskeisiin kemiallisiin prosesseihin paikallisuus huomioiden. Kokkola Industrial Park (KIP)- Kokkolan suurteollisuusalue nimittäin sijaitsee Ykspihlajassa Kokkolan edustalla. Se on Skandinavian suurin epäorgaanisen kemian keskittymä. Alueella toimii kymmeniä yrityksiä, jotka toimivat erikseen tai yhdessä.

Toinen ryhmistä päätyi projektiaiheeseen ”Koboltn elinkaari” ja toinen ”Sinkki –

raaka-aineesta tuotteeksi”. Päätymistä juuri sinkkiin ja kobolttiin auttoi aiempi esseetehtävä, jonka tavoitteena oli tutustua alueen epäorgaaniseen kemianteollisuuteen. Esseetehtäväkseen opiskelijat olivat nimittäin herätteen jälkeisessä tutoraali-istunnossa päätyneet ottamaan omaksi esimerkkiaiheekseen yhden metallin elinkaaren. Ja valintaan vaikutti paikallisuus, sillä se antoi mahdollisuuden myös vierailuun tehtaalle. Kokkolan suurteollisuusalueella nimittäin toimii Boliden Kokkola Oy, joka on Euroopan toiseksi suurin ja maailman viidenneksi suurin sinkkitehdas ja OMG Kokkola Chemicals Oy, joka puolestaan on ollut jo useiden vuosien ajan maailman johtava kobolttituotteiden valmistaja.

5. Työskentely kurssilla

Kurssi toteutettiin PBL- ja POPBL -menetelmiä soveltaen projektiluonteisesti. Kurssiin kuului tutoraali-istuntoja, henkilökohtaisten esseiden sekä raporttien tekemistä vierailuista ja laboratoriotöistä. Kukin ryhmä rakensi myös oman posterin aiheestaan. Projektikurssin päätteeksi pidettiin seminaari.

Aikataulu ja käytännön järjestelyt

Kurssi alkoi 12.1. ja päättyi 20.4. Joka viikko opiskelijoille oli varattu yksi päivä (6 h) lukujärjestykseen projektia varten. Opettajille oli varattu aikaa 2 h / viikko ko projektipäivän aikana. Tutoraalit, ohjeistukset yms. oli helppo toteuttaa aikarajoissa, mutta pitkiin laboratoriotöihin ja vierailuihin opettajalta kului huomattavasti enemmän aikaa, kuin oli varattu. Opiskelijoille kotitöiden osuus on opintopisteen määrittelyn mukaan saman verran kuin lähiopetusta eli kuormitus 6 h + 6 h. Kurssin aikataulutuksesta vastasivat sekä opettajat että opiskelijat yhdessä, vierailuajankohdat määräytyivät luonnollisesti tehtaalle sopiviin ajankohtiin

Opiskelijoille oli projektin aikana projektipäiväksi varattu käyttöön yksi tietokonehuone sekä kullekin ryhmälle oma pienryhmä / työskentelytila, jossa projektia pystyttiin työstämään ryhmänä. Lisäksi laboratoriopäivinä myös laboratoriotilat olivat käytettävissä.

Tutoraalit

PBL-menetelmään kuuluvia tutoraaleja pidettiin 4 kertaa. Ensimmäisessä aloitustutoraalissa molemmat ryhmät olivat yhdessä. Tämä siksi, koska opiskelijoita oli poissa, eivätkä ryhmät vajaina olisi toimineet sujuvasti. Aloituskeralla opiskelijat eivät oikein tienneet mitä pitää tehdä, joten opettajalla oli tässä suurempi rooli, kuin ”ideaali”-tilanteessa. Oppimistehtävä saatiin kuitenkin sovittua ja lopetustutoraalissa aihe purettiin ja kirjoitettiin yhteinen vastaus.

Toisen tutoraalikierroksen eli Metallin elinkaari –aiheen tutoraalin herätteessä painotettiin metallin elinkaarta; esiteltiin rikasteita, demonstroitiin elektrolyyttistä valmistusta ja lopulta kurkattiin metalliroskakoriin. Tämän pohjalta opiskelijat

muodostivat oppimistehtävän eli valitsivat projektiaiheen tutoraalin aivoriihen avulla.

Esseet

Opiskelijat kirjoittivat esseet projektioppimisesta (ensimmäisen tutoraalin oppimistehtävä), metallin elinkaaresta (toisen tutoraalin oppimistehtävä), sekä lopuksi itsearviointi-eseen. Samoin vierailuista kirjoitettiin raportit sekä laboratoriotöistä selostukset. Esseet kuuluivat arvioitaviin töihin.

Vierailut

Projektin aikana lähdettiin hakemaan asiantuntijatietoa sinkin ja koboltin valmistuksesta kyseisiltä tehtailta. Tarkoitus oli myös vierailla Pyhäsalmen sinkkikaivoksella, mutta se ei valitettavasti onnistunut johtuen kaivoksen kiireistä. Myös vierailu EkoRoskille peruuntui sairaustapauksesta johtuen. Tietoa näistä asioista tyydyttiin hakemaan kirjallisuudesta ja internetistä.

OMG & Boliden: Projektiaiheiden tärkeimpinä vierailukohteina olivat luonnollisesti koboltin valmistaja OMG ja sinkin valmistaja Boliden Kokkolassa. Tehtaat sijaitsevat KIPin (Kokkola Industrial Park) alueella, joten oli käytännöllistä järjestää vierailut samalle päivälle molempiin tehtaisiin. Molemmat ryhmät pääsivät vierailemaan molemmissa kohteissa. Vierailulla saimme kuulla asiantuntijaluentoja sekä osallistua tehdaskierrokseen. Vierailusta kirjoitettiin raportti.

ChemBio-messut / Kemfine: Koska projektikurssi on osa KPAMK:n hallinnoimaa Tutkimalla oppii -TUKEMIA-hanketta, oli meidän mahdollista käydä ChemBio-messuilla Helsingissä. Opiskelijat saivat vapaasti valita messutarjonnasta mielenkiintoisimmat luennot ja standit, joissa kävivät. Matkasta kirjoitettiin matkaraportti.

Kaikilla opiskelijoilla ei ollut mahdollisuutta osallistua ChemBio-messuille, joten he saivat korvaavana tehtävänä järjestää itselleen vierailukäynnin jollekin lähialueen teollisuuslaitokselle. Opiskelijat valitsivat kohteekseen KemFinen ja esittelivät vierailukohteensa loppuseminaarissa.

Laboroinnit

Sinkkirikasteen analysointi: Bolidenin sinkkirikasteesta analysoitiin sinkkipitoisuus tehtaan omaa menetelmää hyväksikäyttäen. Analysointiin kului 2 työpäivää. Laboratoriotyöstä kirjoitettiin työselostus, joka arvioitiin kuten itse laboratoriossa työskentelykin. Sinkkiryhmälle työ oli erittäin mielenkiintoinen, mutta myös kobolttiryhmä teki saman työn, koska työ on hyvä esimerkki raaka-aineen analysoinnista, olipa rikaste sitten sinkkirikastetta tai jotain muuta. Laboratoriotyöskentely vaati erityisjärjestelyjä, koska opettajille oli resursoitu vain 2 oppituntia / viikko ja kahden opettajan voimin opiskelijoiden 6 tuntia oli vaikea järjestää muunkin opetuksen lomassa. Tässä käytettiin TUKEMIA-hankkeen kautta lisäresursseja.

Minilyysi: Minilyysiin eli elektrolyysiin minikoossa kului n. puoli päivää. Molemmat ryhmät jaettiin pienempiin 2 – 3 hengen ryhmiin, ja jokainen pienryhmä ajoi Bolidenin prosessiliuoksista minilyysin ja he laskivat virtahyötysuhteen. Menetelmä on myös

käytössä tehtaalla päivittäisissä rutiinianalyseissä. Laboratoriotyö oli hyvin soveltuva molemmille ryhmille, vaikkakin näytteet ja menetelmä olivat jälleen Bolideniltä. Työssä näki konkreettisesti mitä elektrolyysissä tapahtuu. Myös tästä työstä kirjoitettiin selostus, joka arvioitiin.

Posterit

Opiskelijat työstivät itsenäisesti aiheistaan posterit, joita esiteltiin Kemian Opetuksen Päivillä Helsingissä, loppuseminaarissa sekä koulumme seinällä. Posterin ulkoasun viimeistelyssä auttoi oppilaitoksen informaattikko. Posterin työstämisessä opettajat auttoivat lähinnä tuomalla esimerkkejä postereista ja toimimalla taustatukena, mikäli ongelmia esiintyi. Myös posterit ja sen työstäminen arvioitiin.

Loppuseminaari

Kurssin lopuksi järjestettiin seminaari, jossa kaikki ryhmät saivat esitellä kevään projektien aikaansaannoksiaan. Opiskelijat saivat myös antaa palautetta toistensa töistä arviointilomakkeiden avulla. Seminaarin avulla opiskelijat kuulsivat toistensa projektien sujumisesta sekä saivat esiintymisharjoitusta kuten myös harjaantumista arvioinnin ja palautteen antoon.

6. Arviointi

Kurssilla arvioitiin opiskelijan yksilöllistä suoriutumista sekä ryhmän suoritusta. Myös ryhmien palautteet kerättiin toisten ryhmien tuotoksista, oman ryhmän toiminnasta sekä tuotoksesta että opiskelijan itsearviointi omasta työskentelystään. Itsearvioinnissa hyödynnettiin lokikirjaa, johon opiskelijat projektipäivien päätteeksi kirjasivat arviointejaan päivän tekemisistä. Myös sähköinen opintojaksopalaute kerättiin projektiopintojakson päättyessä. Laboratoriotöiden ja raporttien osuutta arvioinnissa painotettiin 50 % ja esseitä 30 %, jotka olivat kaikki yksilöarviointeja, ryhmän posterit ja seminaariesitelmän osuus oli 20 % ja se arvioitiin ryhmäsuorituksena. Arviointiasteikkona käytettiin 1 – 5.

Arvioinnissa on ollut haastavaa se; miten arvioida ryhmäläisten työtä oikeudenmukaisesti, miten painottaa lopputuotosta, miten itse prosessia ja kuinka paljon jää näkemättä opiskelijan panoksesta prosessin työstössä ja miten todentaa, mitä opiskelija oikeasti on oppinut kurssin aikana. Yksi kokeilemisen arvoinen metodi arvioinnin apuna on Mindmap – käsitekartta: Kurssin alussa opiskelijoita pyydetään kirjaamaan käsitekarttaan kaiken, mitä he tietävät aiheesta. Sama toteutetaan kurssin jälkeen ja näitä käsitekarttoja vertailemalla päästään selville, mitä opiskelija on aiheesta oppinut.

7.Yhteenveto

Projektimuotoisessa kurssissa tärkeää on oppilaan tuntemus, kollegojen yhtenäinen toteutus- ja arviointitapa, oikea ryhmäkoko ja –jako. Tämän havaitsimme jo kurssin alussa. Kurssin aloitus takelteli, koska me opettajat emme tunteneet entuudestaan opiskelijoita ja tietysti PBL menetelmänä oli uusi sekä opiskelijoille että opettajille. Ryhmäkoon havaitsimme heti alkuun liian pieneksi toteuttaa PBL:ää täysipainoisesti. Vaikka opiskelijoille korostettiin 100% läsnäoloa, poissaoloja ja myöhästelyjä oli jatkuvasti. Lisäksi toisen ryhmän osalta kaksi opiskelijaa jätti kurssin kesken.

Alkuvaikeuksien jälkeen ryhmä pääsi hyvään vauhtiin ja palautteen perusteella suurin osa piti projektiluonteisesta, omatoimisesta työskentelystä. PBL-menetelmän harjoittelu nosti vastarintaa ja osa opiskelijoista koki, että perinteinen ”opettajavetoinen” opetus olisi ollut parempi. Myös ristiriitaista ja hyökkääväkin palautetta tuli, joten opiskelijoille olisi tärkeää opettaa myös palautteen antoa ja itsearviointia.

Kuten Hmelo-Silver (2004) artikkelissaan on kirjoittanut, tässäkin POPBL-projektissa asettivat itselleen tutkimustavoitteen. Opiskelijoita stimuloitiin oppimaan interaktiivisesti keskustelemalla yhdessä ongelmasta pienryhmässä. He esimerkiksi saivat selittää käsitteitä ja ilmiöitä, kysellä toisiltaan kysymyksiä ja keskustella käsillä olevasta ongelmasta. PBL –ryhmässä opiskelijat muodostivat yhteisen selityksen asiasta. Tämän pohjalta he sitten työstivät posterin ja esityksen seminaarissa esitettäväksi. Täten opiskelijat eivät ainoastaan hankkineet tietoa vaan myös oppivat yhteistyötaitoja, joita tullaan tarvitsemaan myöhemmin työelämässä. (Hmelo-Silver, 2004)

Nykykäsitykset oppimisesta korostavat, että oppimisen tulee olla konstruktivista, itseohjautuvaa eli itsesäädeltä, yhteistyössä tehtyä ja kontekstuaalista. (Dolmans et al. 2005). POPBL ja PBL ovat sopusoinnussa näiden periaatteiden kanssa. Lisäksi opiskelijoille tulee tuoda ammatillisesti relevantteja asiayhteyksiä, jotta he joutuvat kohtaamaan tapauksia ja ongelmia monista näkökulmista ja monissa asiayhteyksissä, koska tämä edesauttaa tiedonsiirtoa. PBL:ssä opiskelijat kohtaavat ongelmia, jotka ovat relevantteja heidän tulevassa elämässään (Dolmans et al. 1997).

Lähteet

- Boekaerts, M. (1997). Self-regulated learning: A new concept embraced by researchers, policy makers, educators, teachers and students. *Learning and Instruction*, 7, 161-186.
- Chi, M. T. H., DeLeeuw, N., Chiu, M. & La Vancher.(1994). Eliciting self-explanations improves understanding. *Cognitive Science*, 18, 439-477.
- Dolmans, D., Snellen-Balendong, H., Wolfhagen, H.& van der Vleuten. C. (1997). Seven principles of effective design for a problem-based curriculum. *Medical Teacher*, 19, 185-189.
- Dolmans, D.& Schmidt, H. (2010). The problem-based learning process. Kirjassa H. van Berkel, A. Scherpbier, H. Hillen & C. van der Vleuten (toim.), *Lessons from Problem-based Learning* (s. 13-20). Oxford: Oxford University Press.
- Ertmer, P. & Newby, T. 1993. Behaviorism, cognitivism, constructivism: Comparing

- critical features from an instructional design perspective. *Performance Improvement Quarterly*, 6, 50-72.
- Harris, K. & Alexander, P. (1998). Integrated, constructivist education: Challenge and reality. *Educational Psychology Review*, 10, 115-127.
- Huusko, M., Jokinen, S. & Sarajärvi, T. (2001). Ongelmaperustaisen oppimisen seitsemän vaihetta. (<http://www.oulu.fi/opetkeh/kehtoimi/PBL/seitsemanaskelta.html> (luettu 16.08.2011)).
- Kjaerside-Storm, B. (2010) Problem based learning – the way of motivation. Kirjassa M. Aksela, J. Pernaa & M. Rukajärvi-Saarela (toim.) *Tutkiva lähestymistapa kemian opetukseen. V valtakunnalliset kemian opetuksen päivät – symposiumkirja* (s. 17-23). Helsinki: Yliopistopaino Oy.
- Loyens, M. & Gijbels, D. (2008). Understanding the effects of constructivist learning environments: introducing a multi-directional approach. *Instructional Science*, 36, 351-357.
- Rukajärvi-Saarela, M., Ojala, P., Käsäkangas, T. & Heikkilä, T. (2010). POPBL – opiskelutavalla lisää motivaatiota luonnontieteiden opiskeluun. Kirjassa M. Aksela, J. Pernaa & M. Rukajärvi-Saarela (toim.) *Tutkiva lähestymistapa kemian opetukseen. V valtakunnalliset kemian opetuksen päivät – symposiumkirja* (s. 214-224) Helsinki: Yliopistopaino Oy.
- Schmidt, H. (1993). Foundations of problem-based learning: Some explanatory notes. *Medical education*, 27, 422-432.

Tutkiva kemian opettaja: Kemian käsitteiden ja ilmiöiden opetus sekä oppiminen (osa III)

Maija Aksela, Veli-Matti Vesterinen, Johannes Posti, Katariina Grönberg, Tanja Ikonen, Emma Haakana, Olli Pulkkinen, Milja Selin, Meri-Tuuli Toivanen, Jaakko Turkka, Ville Paasonen, Keijo Arajärvi, Toni Rantaniitty & Terhi Korhonen

Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto

Kemian opettajan perustaitoihin kuuluu ymmärtää lapsen ja nuoren kemian käsitteisiin sekä ilmiöihin liittyvää ajattelua. Tämän ymmärryksen tulisi toimia myös opetuksen suunnittelun pohjana. Tämä artikkeli on jatkoa vuosien 2009 ja 2010 Kemian opetuksen päivien kirjoissa ilmestyneille osille. Tässä artikkelissa käsitellään kevään 2011 Kemian opetuksen keskeiset alueet II -kurssille osallistuneiden opettajaopiskelijoiden haasteelliseksi tai tärkeäksi kokemia käsitteitä ja ilmiöitä. Aiemman tutkimustiedon pohjalta opettajat ovat luoneet uusia käytännön aktiviteetteja aiheiden käsittelyyn. Tutkimukset on suoritettu kehittämistutkimuksen periaatteella, jossa tarkoituksena on tuottaa käytännönläheisiä ratkaisuja aitoihin ongelmiin. Vaikka opettajaopiskelijat ovat suunnitelleet ratkaisut ensisijaisesti oman opetuksensa tarpeisiin, niitä voidaan varmasti hyödyntää laajemminkin kemian opetuksessa eri asteilla.

1. Atomimalli ja kemiallinen sidos *(Katariina Grönberg & Tanja Ikonen)*

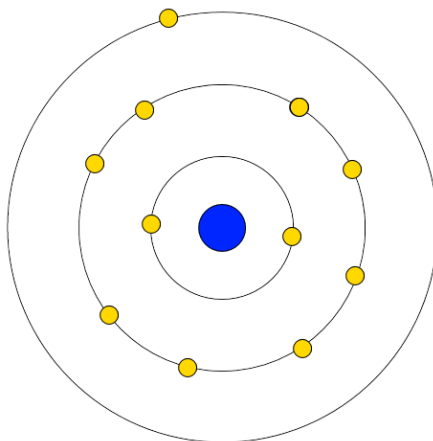
1.1 Johdanto

Peruskoulussa Bohrin atomimalli on yksi kemian avainmalleista, jolla tarkastellaan eri alkuaineiden atomeja. Myös peruskoulun jälkeisissä opinnoissa kemian tunneilla käsitellään atomeja ja niiden mallien ymmärtäminen on tärkeää perustietoa.

Olemme tehneet kehittämistutkimuksen atomimallin opetuksesta peruskoulussa ja siihen liittyvistä haasteista. Tutkimuksemme koostui teoreettisesta ongelma-analyysistä, jonka pohjalta tuotimme kankaisen atomimallin tukemaan oppikirjoista saatavaa tekstiä ja piirroksia. Olemme arvioineet kangasmallin toimivuutta kemian opettajilta saadun palautteen avulla ja lopuksi vielä kehittäneet mallia palautteen perusteella paremmin toimivaksi. Luomallamme kankaisella atomimallilla voidaan havainnollistaa sekä ionisidoksen että kovalenttisen sidoksen syntyä ja verrata atomien ja ionien kokoja keskenään. Malli ei kuitenkaan toimi kovin hyvin kolmoissidosta kuvailtaessa tai monimutkaisempien alkuaineiden, kuten siirtymämetallien esittämisessä.

1.2 Bohrin atomimalli ja sen opettamiseen liittyvät käsitykset

Peruskoulun oppikirjoissa atomia käsitellään Bohrin mallin mukaisesti ja myös sidokset pyritään selittämään tämän mallin avulla. Monessa oppikirjassa kuvat jäävät kuitenkin vaillinaisiksi, niistä puuttuu selitys tai selitys on puutteellinen. Vaikka oppilas näkee kuvan kirjassaan, hän ei välttämättä hahmota atomin eri kuoria ja miten elektronit ovat kuorille sijoittuneet.



Kuva 1.2. Natrium-atomi Bohrin mallin mukaan esitettynä.

1.2.1 Oppilaiden vaihtoehtoisia käsityksiä atomimallista ja kemiallisesta sidoksesta

Kemiallinen sidos on yksi kemian opetuksen keskeisemmistä aiheista. Sidosten kuvaamiseen tarvitaan erilaisia malleja, joista oppilailla valitettavan usein on virheellinen käsitys. Taberin ja Collin (2002) mukaan neljä pääsyytä virheellisen käsitysten muodostumiselle ovat oppilaiden:

- väärä kuva siitä, miksi sidoksia muodostuu aineiden välille
- käsitys siitä, että sidokset ainoastaan liittyvät molekyyliin, jolloin ionisidoksen ja metallisidoksen luonnetta ei ymmärretä
- käsitys siitä, että sidoksen muodostuessa ainoastaan elektronien luovuttamisella ja vastaanottamisella on merkitystä
- vaikeudet hahmottaa sidosten välimuotoja, kuten poolisia kovalenttisia sidoksia

Oppilaiden kuulee usein antavan atomeille ja molekyyleille tunteita. Esimerkiksi atomi voi haluta lisää elektroneja tai molekyyli olla iloinen. Näistä väittämistä on kuitenkin vaikea tietää kuvitteleeko oppilas oikeasti tunteita atomeille ja molekyyleille, vai käyttääkö hän niitä vain muistisääntöjen tukena. (Gustafsson, 2007)

Molekyylien kokoon ja muotoon liittyy myös useita virhekäsityksiä. Oppilaat saattavat esim. kuvitella vesimolekyylin pölyhiukkasen kokoiseksi ja punnittavaksi partikkeliksi. Jotkut ovat myös saaneet käsityksen, että molekyylin muoto vaihtelee lämpötilan muutoksen tai liuotuksen yhteydessä. (Gustafsson, 2007) Liuoksessa olevien ionien välillä uskotaan myös esiintyvän ionisidoksia. (Boo, 1998). Osa oppilaista taas selittää liuotuksen muuttavan ionit neutraaleiksi atomeiksi, joiden välillä ei ole minkäänlaisia voimia. (Taber, 2002).

Oppilailla on myös virhekäsityksiä elektronien ja ytimien välisistä voimista. Osa selittää kemiallista sidosta elektronien välisenä vetovoimana, toiset ytimen ja elektronien

välisenä hylkimisenä. Oppilaiden mielestä metallit ja epämetallit voivat keskenään muodostaa kovalenttisen sidoksen tai sidos voi syntyä jakamalla yksi elektroni atomien välille. Kovalenttinen sidos ja ionisidos sekoittuvat myös toisinaan, jolloin ionisidos kuvataan elektronien jakamis- ja kovalenttinen sidos elektronien luovutustapahtumana (Boo, 1998).

Käsitys ionisidoksesta saattaa rajoittua vetovoimiin kahden ionin välillä. Oppilaat saattavat myös selittää, ettei ionisidos ole oikea sidos, kuten kovalenttinen sidos, vaan muodostuu kahden eri varauksisen partikkelin muodostamasta neutraalista molekyylistä. Tällaisella ioneista muodostuneella molekyylillä voi myös joidenkin oppilaiden teorioiden mukaan olla sidoksia ympäröiviin samanlaisiin molekyyleihin, mutta ne ovat heikompia kuin molekyylin sisäiset sidokset. Ionisidoksen esittäminen piirroksen avulla on myös osoittautunut vaikeaksi tehtäväksi. (Gustafsson, 2007)

Oppilaat muodostavat usein omien kokemustensa ja havaintojensa pohjalta teorioita sidoksien luonteesta. Mikäli oppilas on luonut virheellisen käsityksen sidoksien muodostumisesta, saattaa hän luottaa siihen enemmän kuin opettajan selitykseen. Tällöin uuden ajattelutavan oppiminen ja virhe käsityksestä eroon pääseminen on vaikeaa. Joissakin tapauksissa oppilas saattaa kuunnella ja osittain ymmärtää opettajan teorian, muttei osaa soveltaa sitä käytäntöön tai aiempaan tietoon oman virhe käsityksensä takia. Oppilaiden omia virheellisiä teorioita on vaikea korjata jälkeenpäin. (Lavonen & Meisalo, 2006).

1.3 Kankainen atomimalli opetuksen tueksi

Olemme kehittäneet kankaisen atomimallin tukemaan Bohrin atomimallin harjoittelua lähinnä peruskoulussa. Sen avulla pystyy havainnollistamaan alkuaineen ja ionin, esimerkiksi natriumatomien ja natriumionin, sähkövarauseroa ja kokoeroa. Mallilla voidaan myös havainnollistaa elektronien osuutta ionien muodostukseen ja kovalenttisen sidoksen muodostukseen.

Kangasmallin avulla oppilaat pääsevät itse tekemään ja pohtimaan, jolloin käsitys mallin tarkoituksesta ja elektronien osallisuudesta selkenee paremmin kuin kirjan kuvia kopioimalla.

Kankaisen mallin avulla voidaan havainnollistaa:

- atomin ja ionin kokoeroa
- atomin ja ionin sähkövarausta
- ioniyhdisteen muodostumista
- kovalenttista sidosta

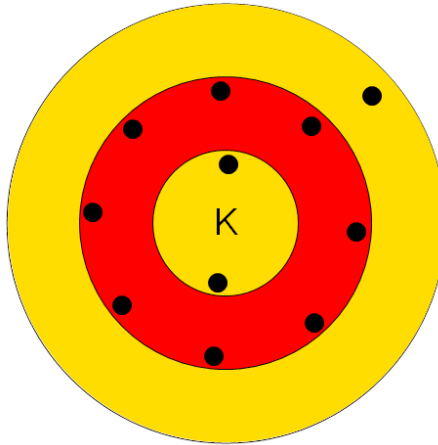
Mallin hyvät puolet:

- oppilaat voivat tehdä oman atomimallin
- kokeilemalla omaa atomimalliaan, oppilaat ymmärtävät elektronien osuuden ioni- ja kovalenttisen sidoksen muodostumiseen

- malli antaa lisätukea kirjan kuville ja omille piirroksille

Mallin huonot puolet:

- malli on kaksiulotteinen eikä siksi tue kolmiulotteista käsitystä atomista



Kuva 1.3. Natriumin kangasmallissa elektronikuoret voi konkreettisesti pinota päällekkäin ja niiden kokoja voi verrata.

1.4 Palautetta kemian opetuksen päiviltä 2011

Kankainen malli esiteltiin VI valtakunnallisilla kemian opetuksen päivillä. Teimme oheisen palautelomakkeen (ks. taulukko 1.4), johon 35 opettajaa vastasi.

Taulukko 1.4. Kyselylomakkeen suljetut kysymykset.

Kysymys	Kyllä	Ei	Ei vastausta
1. Voisiko ko. malli toimia teidän opetuksessa?	30	3	2
2. Veisikö ko. mallin tekeminen liikaa aikaa tunnistanne?	3	29	3
3. Voisiko ko. mallin teettää oppilailla kotitehtävänä?	26	3	6

4. Millaisia ajatuksia malli herätti? Parannusehdotuksia! (Avoin kysymys)

Mallin vastaanotto jakoi opettajien mielipiteitä. Monet pitivät kangasmallia hyvänä ja toimivana ideana tai mielenkiintoisena ja kehityskelpoisena. Muutamat suhtautuivat kuitenkin kriittisesti mallin käyttömahdollisuuksiin ja olisivat mieluummin luoneet kolmiulotteisen mallin. Jotkut kokivat myös mallin käyttömahdollisuudet liian pieniksi verrattuna sen tekemiseen vaadittavaan aikaan.

Muutammat pohtivat mallin käyttöä työpajatyöskentelyn yhteydessä ja jotkut ehdottivat myös, että malli voisi toimia jonkinlaisena yhteisenä projektina kuvaamataidon ja kemian välillä. Mallia kehitettiin siitä, että se on tarpeeksi yksinkertainen ja mieleen painuva ja se antaa jotain käsin kosketeltavaa abstraktiin aiheeseen.

Parannettavaa oli vastaajien mielestä elektronikuorten värytyksessä ja yhteisen kokostandardin luomisessa elektronikuorille. Myös elektronien esittämiseen saatiin useampia kehitysideoita, jotta elektronien liikkuvuus saataisiin paremmin esitettyä mallissa. Elektronikuorten kirjainkoodaus oli myös joidenkin opettajien mielestä parempi jättää pois, jottei K-kuori ja kaliumatomi sekoitu niin helposti.

Mallin voi periaatteessa toteuttaa oppilaiden kotitehtävänä, mutta moni kyseenalaisti käytännön toimivuuden. Kuinka moni peruskoulun oppilaista jättäisi tällaisen askarteluläksyn tekemättä? Ainakin nykyisessä muodossa malli kuitenkin koettiin tarpeeksi helpoksi ja nopeasti toteutettavaksi, jotta sen ehtisi tekemään oppitunnin aikana.

1.5 Palautteen avulla paranneltu kangasmalli

Useampi on palautteessa kommentoinut elektronien esitystapaa, joka on nykyisessä mallissa toteutettu tussikynällä piirretyt pisteet. Ne voisi korvata jollakin liikuteltavalla vaihtoehdolla, kuten tarralla, nuppineuloilla tai neppareilla. Liikuteltavat elektronit mahdollistavat useamman atomin esittämisen pienemmällä määrällä kankaisia elektronikuoria. Ne myös helpottavat ionien muodostumisen esittämistä kun elektronin voi siirtää yhdeltä atomilta toiselle muuttamatta elektronikuoria mitenkään.

Edellä esitetyistä kolmesta vaihtoehdosta liikuteltavien elektronien tekemiseen soveltuisi luultavasti parhaiten tarranauha. Nauhasta voi leikata pieniä pyöreitä palasia, jotka tarttuvat huopakankaasta leikattuun elektronikuoreen. Neppareiden vastinkappaleet tarvitsisi ommella kankaaseen, mikä kemian tunnilla vie turhan paljon aikaa. Mikäli mallin tekee yhteistyönä käsityön opetuksen kanssa, on neppareiden käyttö kuitenkin toimiva vaihtoehto. Nuppineulojen antamisessa hieman villimmän luokan käyttöön on omat riskinsä ja siksi mallin tekemisessä kannattaa panostaa turvallisempiin vaihtoehtoihin.

Kuorten värytys on ensimmäisessä versiossa valittu umpimähkään. Useampi ehdottaa kuorten värikoodausta tai ainakin värien valintaa niin, että elektronit selvästi erottuvat taustasta. Ensimmäisessä mallin versiossa käytettiin mustaa tussikynää, joka ei tummalta pohjalta erotu kunnolla. Mikäli elektronit ovat tummia, kannattaa siis suosia vaaleita värejä elektronikuorien teossa. Jos elektronit puolestaan leikkaa valkoisesta tarranauhasta, voi tummempien elektronikuorten käyttö olla parempi idea.

Ensimmäisissä versioissa tästä kangasmallista kuoret oli tehty jämäkankaasta ja siksi kuoret olivat erikokoisia. Tämä kuitenkin tekee eri atomien kokojen ja eri kuorten vertailusta vaikeaa ja mallista saattaa olla enemmän haittaa kuin hyötyä. Samaa elektronikuorta edustavien kangaspalojen tulisi siis olla samankokoisia. Kuorten kirjainkoodin voi myös korvata numerolla, jotta kuorten vertailu toimisi paremmin eivätkä K-kuori ja kaliumatomi menisi sekaisin. Kirjain- tai numerokoodauksen voi myös jättää kokonaan pois ja esimerkiksi käyttää samanväristä kangasta kuvaamaan yhtä tiettyä kuorta.

1.6 Lähteet

- Boo, H. K. (1998). Students' understanding of Chemical Bonds and the energetics of Chemical reactions. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(5), 569-581
- Edelson, D. (2002). Design Research: What We Learn When We Engage in Design. *The Journal of the Learning Sciences*, 11(1), 105-121.
- Gustafsson, L. (2007). *Kemialliset sidokset lukion kemian opetuksessa* (Pro Gradu -tutkielma). Helsinki: Helsingin yliopiston kemian laitos.
- Lavonen, J. & Meisalo, V. (2006). *Oppilaiden ennakkokäsitykset*. Helsinki: Helsingin yliopiston soveltavan kasvatustieteen laitos.
<http://www.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/ennakko/> (viitattu 17.3.2011)
- Taber, K. 1994. Misunderstanding the ionic bond. *Education in Chemistry*, July 1994, 100–103.
- Taber, K. & Coll, R. (2002). Bonding. Teoksessa J. K. Gilbert, O. de Jong, R. Justi, D. F. Treagust & J. H. van Driel (toim.), *Chemical Education: Towards Research-based Practice* (s. 213-234). Kluwer Academic Publishers.

2. Aineesta atomiin peruskoulussa (Emma Haakana & Olli Pulkkinen)

2.1 Johdanto

Koko universumimme koostuu atomeista. Kaikki, mitä kuulemme, näemme, haistamme tai tunnemme, rakentuu yhtä lailla atomeista. Atomi on kemiallisesti alkuaineen pienin jakamaton osa. Atomia on kuitenkin pienestä koostaan huolimatta vaikea mallintaa.

Atomin käsitteen hallinta ja mielekäs oppiminen on perusedellytys oppilaan kiinnostuksen jatkumiselle kemiaa kohtaan (Sarıkaya, 2007). Atomin yhteydessä oppilaille tulee viimeistään kuva kemiasta tieteenä, jonka ilmiöt sekä havainnot kulkevat valtaosin hyvin mikroskooppisella ja abstraktilla tasolla. Atomin käsite esiintyy kemian osalta peruskoulun perusteiden keskeisissä tavoitteissa ja sisällöissä (Opetushallitus, 2004).

Havaitsemiemme haasteiden pohjalta lähdimme tekemään kehittämistutkimusta atomin käsitteen oppimisesta ja opetuksesta. Keskitymme tutkimuksessamme erityisesti peruskouluikäisiin oppilaisiin. Esittämässämme kehittämiskäytännössä sovellamme P. G. Nelsonin (2002) tutkimaa progressiivista lähestymistapaa kemian opetuksessa.

2.2 Oppimisen ja opetuksen haasteita

Tutkimukset ovat osoittaneet, että atomin käsitteen yhteydessä esiintyy ymmärrys-vaikkeuksia. (Nelson, 2002; Cambridge physics outlet, 1997; Sarıkaya, 2007). Atomin käsitteen ymmärtäminen on vaikeaa, sillä atomia ei voi nähdä, koskea eikä yhdistää arkielämään.

Atomin oppimista hankaloittaa, ettei sitä voi havainnollistaa millään yksinkertaisilla kokeellisilla töillä (Cambridge physics outlet, 1997). Monet oppilaat kuulevat ensimmäistä kertaa atomin opetuksen yhteydessä materian koostuvan hyvin pienistä partikkeleista.

Tämä voi hämmentää oppilaiden aikaisempaa käsitystä ympäröivästä maailmasta. Atomin ja molekyylin olemassaolosta oppilailla on ainoastaan opettajan sana johon uskoa (Nelson, 2002).

Helppoa atomin käsitteen oppimisessa on erilaisten mallien yksinkertaisuus, eikä käsitteen oppiminen sinällään vaadi erityistä matemaattis-luonnontieteellistä lahjakkuutta.

Tutkijoiden yleinen mielipide on, että atomin käsite on kemian ja yleisestikin luonnontieteiden opetuksen perusta. Atomin ja molekyylin käsitteiden ymmärtäminen on välttämätöntä muiden kemian keskeisten käsitteiden, kuten kemiallisten sidosten, ionien, aineen olomuotojen ja kemiallisten reaktioiden ymmärtämiselle. (Sarıkaya, 2007)

Lähestymistapa käsitteen opettamiselle riippuu oppilaiden taustasta ja iästä. Mitä nuoremmat oppilaat ovat kyseessä, sitä enemmän on kiinnitettävä huomiota kun hypitään kemiallisen tiedon eri tasojen välillä.

2.3 Progressiivinen lähestymistapa atomin käsitteeseen

Tutkimustiedon mukaan atomin käsitteen opettamisessa kannattaa käyttää niin sanottua progressiivista lähestymistapaa (Nelson, 2002). Progressiivisessa lähestymistavassa on tarkoitus vaiheittain siirtyä makrotasolta mikrotasolle kiinnittäen huomiota siirtymävaiheisiin eri tasojen välillä.

1. Tuomme oppitunnille näytteen jostain oppilaiden tuntemasta aineesta. Hyviä esimerkkejä näistä ovat muun muassa vesi, sokeri ja hiekka.
2. Siirrytään makrotasolta mikrotasolle: Onko aineen sisällä jotain, mitä emme näe? Entä, jos tutkisimme näytettä esimerkiksi mikroskoopilla? Koostuko aine aina jostain pienemmistä hiukkasista?
3. Vesi koostuu vesimolekyyleistä. Havainnollistetaan veden molekyylirakennetta molekyylimallien ja kuvien avulla. Pohditaan molekyylin suuruusluokkaa. Montako vesimolekyyliä on litrassa vettä? Entä yhdessä vesipisarassa?
4. Tutustutaan molekyylin rakenteeseen. Vesimolekyyli koostuu yhdestä happiatomista (O) ja kahdesta vetyatomista (H). Havainnollistetaan esimerkiksi pallomalleilla ja piirtämällä vesimolekyylin rakennetta.
5. Siirrytään vihdoin atomitasolle. Esitetään kuva vesimolekyylin atomirakenteesta. Atomi rakentuu ytimeä ja elektroniverhosta. Atomin massa on lähes kokonaan keskittynyt ytimeen, joka koostuu positiivisesti varautuneista protoneista ja varauksettomista neutroneista. Elektroniverholla sijaitsevat negatiivisesti varautuneet elektronit.
6. Oppilaat saavat työskennellä parityönä tietokoneilla. Esimerkiksi <http://www.phrenopolis.com/perspective/atom> -sivulla voi tarkastella protonin ja elektronien etäisyyttä ja kokojen suhdetta. Internetin avulla oppilaat voivat

pareittain selvittää tutkimustyönä atomin löytymisen historiaa.

2.4 Kehittämisaikatuksia lähestymistapaan

Esittelimme kehittämistutkimuksemme tuotosta posterin sekä pajatyöskentelyn muodossa kemian opetuksen päivillä 24.3.2011 Kumpulän kampuksella. Arvokasta palautetta meille antoivat kemian opettajat ja opettajaksi opiskelevat. Tutkimuksemme lähestymistapa ei ollut kaikille opettajille uusi, sillä monet opettajat olivat sisältäneet samankaltaisen lähestymistavan omaan opetukseensa. Lähestymistapamme sai yksinomaan positiivista palautetta.

Eniten palautetta saimme <http://www.phrenopolis.com/perspective/atom> -sivuston sovelluksesta, jossa maailmankaikkeutta pystyi tarkastelemaan pienimmistä partikkeleista suurimpiin galakseihin. Itse painotimme sovelluksen kokoluokkaa ihmisestä atomiin. Sivuston oli tarkoitus selventää atomin kokoa suhteessa muuhun universumiin. Useimmat pajalaiset olivat innostuneita sovelluksesta, ja useat opettajat halusivat liittää sivun opetukseensa erityisesti kahdeksannella ja yhdeksännellä luokalla. Saimme myös jonkun verran kritiikkiä sovelluksesta. Joitain opettajia häiritsi sivuston englanninkielisyys mutta useimmat kokivat kielen ongelmattomaksi tai hyödylliseksi. Lisäksi yksi osallistuja kritisoi sovelluksen sisältävän liikaa tietoa ja olevan liian sekava. Myös kokomääritelmien kymmenpotenssimuotoa kommentoitiin sen olevan vielä vieras alakoululaisille sekä peruskoulun 7. luokkalaisille.

Saimme myös muita hyödyllisiä ideoita tutkimuksen kehittämiseen. Kehittelemiimme esimerkkeihin voisimme paneutua tarkemmin. Opettajat opastivat meitä varautumaan oppilailta tuleviin kysymyksiin, kuten voiko molekyylin nähdä vaikka atomia ei voisikaan. Muutamia opettajia lisäksi korostivat, että oppilaiden on vaikea ymmärtää elektronien liikettä aineen sisällä ja tyhjää tilaa aineessa. Ongelmaa esiintyi erityisesti kiinteiden aineiden yhteydessä. Kaasujen tapauksessa tyhjän tilan ymmärtäminen ja liike aineen sisällä on usein helpompi ymmärtää.

2.5 Lähteet

- Cambridge physics outlet (1997). *The title of the atom: Teachers guide levels A, B and C. Preliminary limited edition*. Woburn, MA: Cambridge physics outlet.
- Nelson P. G. (2002). Teaching chemistry progressively: From substances, to Atoms and molecules, to electrons and nuclei. *Chemistry Education: Research and practise in Europe*, 3, 215-228.
- Opetushallitus. (2004). *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004*. Helsinki: Opetushallitus.
- Sarikaya, M. (2007). Prospective teachers' misconceptions about the atomic structure in the context of electrification by friction and an activity in order to remedy them. *International Education Journal*, 8(1), 40-63.

3. Molekyyylimallinnus ja kokeellisuus osana monipuolista kemian opetusta *(Milja Selin ja Meri-Tuuli Toivanen)*

3.1 Johdanto

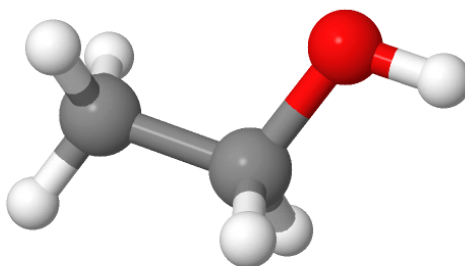
Perusopetuksen opetussuunnitelman mukaan kemian opetuksen yhtenä tavoitteena on, että oppilas oppii aineen rakennetta ja kemiallisia sidoksia kuvaavia käsitteitä ja malleja sekä kuvailemaan ja mallintamaan kemiallisia reaktioita reaktioyhtälöiden avulla (Opetushallitus, 2011). Kemiallinen reaktio on siis tärkeä käsite jo kemian perusopetuksessa.

Kemiallisen reaktion oppiminen on useiden tutkimusten mukaan todettu oppilaille haasteelliseksi, koska sen syvälliseen ymmärtämiseen tarvitaan laajaa kemiallista ymmärrystä etenkin molekyyalitasolla (Aksela, 2006). Apuvälineenä tällaisen ymmärryksen luomiseen voidaan käyttää molekyyylimallinnusta.

Näiden haasteiden pohjalta toteutimme kehittämistutkimuksen (Edelson, 2002) kemiallisen reaktion oppimisesta erityisesti orgaanisessa kemiassa. Kohderyhmänämme olivat peruskoulun 7.-9.-luokkalaiset. Tässä artikkelissa esittelemme toteuttamamme ongelma-analyysin tulokset sekä niiden pohjalta tekemämme kehittämistuotoksen.

3.2 Molekyyylimallinnus

Molekyyylimallinnuksella tarkoitetaan erilaisia teoreettisia ja laskennallisia menetelmiä, joilla pyritään mallintamaan molekyylien rakennetta ja käyttäytymistä. Molekyyylimalli voi olla esimerkiksi käsin kosketeltava palloista ja tikuista koottu rakennelma tai tietokoneella luotu kolmiulotteinen kuva, joka auttaa ymmärtämään molekyylin rakennetta ja kolmiulotteisuutta (ks. kuva 3.2) (OPH Etälukion kemia, 2009).



Kuva 3.2. Molekyyylimallinnus havainnollistaa kemian ilmiöitä molekyyalitasolla. Kuvassa on etanolimolekyyli mallinnettuna Jmol-ohjelmistolla.

Molekyyylimalli perustuu muun muassa molekyylin sidospituuksiin ja atomien sijainteihin. Molekyyylimallinnuksen on todettu useissa tutkimuksissa olevan hyvä apuväline kemian opetuksessa. Tutkimusten mukaan molekyyylimallinnuksen käytön avulla oppilaat ymmärtävät paremmin tieteellisiä malleja (Dori & Barak, 2001), ja sen

käyttö muiden TVT-oppimisympäristöjen joukossa lisää oppilaiden kiinnostusta kemiaa kohtaan (Pernaa & Aksela, 2009).

Tutkimuksista käy kuitenkin ilmi, että vain pieni osa kemian opettajista käyttää opetuksessaan tietokoneavusteista molekyylihallinnusta, vaikka ohjelmia on ollut saatavilla jo pitkään (Pernaa & Aksela, 2009). Tähän on syynä muun muassa tähän soveltuvien opetusvälineiden sekä opettajien taitojen ja koulutuksen puute, ja opettajat toivoisivatkin tutkimusten mukaan täydennyskoulutusta molekyylihallinnukseen liittyen (Aksela & Karjalainen, 2008).

3.3 Molekyylihallinnus ja kokeellisuus

Molekyylihallinnuksen käytön on todettu olevan hyödyllisintä, kun se yhdistetään kokeelliseen työskentelyyn tai muihin opetusmenetelmiin, jolloin opetukseen saadaan lisää vaihtelua ja sisältöä (Pernaa & Aksela, 2009). Kokeellisia ilmiöitä voidaan selittää ja havainnollistaa molekyylihallinnalla, jolloin vaikeatkin asiat saadaan kuvattua selkeästi.

Tutkimusten mukaan kokeellinen työskentely parantaa oppilaiden tieteellisten taitojen kehittymistä ja motivaatiota (Pernaa & Aksela, 2009). Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden (Opetushallitus, 2004) mukaan ”kokeellisuuden tulee auttaa oppilasta hahmottamaan luonnontieteiden luonnetta ja omaksumaan uusia luonnontieteellisiä käsitteitä, periaatteita ja malleja, kehittää käden taitoja, kokeellisen työskentelyn ja yhteistyön taitoja sekä innostaa oppilasta kemian opiskeluun”. Kokeellinen työskentely on tärkeä osa kemian opiskelua ja se tukee teoreettisen kemian opiskelua ja kemian luonteen ymmärtämistä. Toisaalta molekyylihallinnuksella voidaan helpottaa kokeellisten havaintojen ymmärtämistä.

Molekyylihallinnusta voidaan käyttää oppimisen välineenä joko ennen kokeellista työskentelyä tai sen jälkeen abstraktien käsitteiden kuvaamisen apuna. Mallien käyttäminen on monien käsitteiden havainnollistamisessa välttämätöntä, koska se mahdollistaa kemian mikrotason tutkimisen. Tutkimuksista (Dori & Barak, 2001) käy ilmi, että molekyylihallinnusta käyttävät oppilaat pystyvät vertailuryhmää paremmin määrittelemään uusia käsitteitä ja liikkumaan kemian eri tietotasoilla sekä muodostamaan teoriasta konkreettisia malleja.

3.4 Apuväline orgaanisen kemian opetuksessa

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa yhtenä 7-9. luokan keskeisenä sisältönä pidetään orgaanisten yhdisteiden ominaisuuksia ja käyttöä, mikä sisältää muun muassa kemiallisen reaktion ymmärtämisen molekyylihallinnalla (Opetushallitus, 2011).

Molekyylihallinnus orgaanisten yhdisteiden opetuksessa auttaa oppilaita ymmärtämään yhdisteiden rakennetta ja sitä kautta niiden ominaisuuksia aiemmin esittelemämme ongelma-analyysin perusteella. Koulupetuksessa kokeellista työskentelyä ja molekyylihallinnusta voidaan käyttää apuvälineenä esimerkiksi alkoholien palamisen ymmärtämisen tukena käsiteltäessä orgaanisia yhdisteitä. Kokeellista työtä voidaan oppia ymmärtämään paremmin mallintamalla molekyylejä ja niiden reaktioita tietokone-

ohjelmilla.

Ennen kokeellisen työn suorittamista on hyvä käydä läpi teoriaa, jotta oppilaat ymmärtävät, että reaktiossa alkoholi reagoi hapen kanssa, jolloin muodostuu hiilidioksidia ja vettä. Tämän jälkeen oppilaat tekevät kokeellisena työnä etanolin polttamisen kellolasilla ja pohtivat, mitä työssä tapahtuu. Kokeellisen työskentelyn jälkeen etanolin palamista tutkitaan tarkemmin molekyyalitasolla mallintamalla reaktioon osallistuvia molekyyilejä ja palamisreaktiota molekyyylimallinnusohjelmalla niin, että oppilaat pääsevät itse harjoittelemaan mallintamista (Työohje: Liite). Näitä työmenetelmiä käyttämällä oppilaat saavat laajaa kemian ymmärrystä molekyyalitasolla ja näin saavuttavat tavoitteen kemiallisen reaktion syvällisestä ymmärtämisestä.

3.5 Kehittämisehdotuksia työmenetelmään

Esittelimme kehittämistutkimuksemme tuotoksen posterin avulla Kemian opetuksen päivillä 24.3.2011 kemian aineenopettajille ja opettajiksi opiskeleville Kumpulan kampuksella. Posterinäyttelyn lisäksi esittelimme tuotostamme työpajoissa, joissa keräsimme palautetta opettajilta ja opiskelijoilta sekä suullisesti että kirjallisesti.

Kaikkien pajavierailijoiden mielestä molekyylimallinnuksen ja kokeellisen työskentelyn yhdistäminen sopii orgaanisen kemian opiskeluun erittäin hyvin. Se soveltuu hyvin opiskelun tueksi ja havainnollistamisvälineeksi kuitenkin riippuen opetuksen tavoitteista ja tarpeista, ja se mahdollistaa työskentelyn myös muissa kuin kemian luokassa, jos kemian luokka ei ole aina käytössä. Vierailijat kokivat menetelmän hyväksi erityisesti siitä syystä, että oppilaat pääsevät työskentelemään omin käsin.

Vierailijoilta saamamme palaute tukee aikaisempia tutkimustuloksia. Opettajat ja opiskelijat käyttäisivät molekyylimallinnusta kokeellisen työskentelyn tukena omassa opetuksessaan, sillä se yhdistää hyvin kokeellisen ja teoreettisen kemian sekä tuo konkretiaa abstrakteihin asioihin. Työmenetelmä auttaa reaktioiden hahmotuksessa, koska sen avulla voidaan hahmottaa reagoivat aineet todellisemmin. Osa opettajista ei kuitenkaan käytä tietokoneavusteista molekyylimallinnusta opetuksessaan laitteistojen, helppokäyttöisten ohjelmien ja osaamisen puutteellisuuden vuoksi, kuten myös aikaisemmasta tutkimustiedosta käy ilmi (Aksela & Karjalainen, 2008).

Saamamme palautteen perusteella opettajat toivoisivat valmiita opetuspaketteja ja työohjeita molekyylimallinnuksen ja kokeellisen työskentelyn yhdistämisestä kemian opetuksessa. Erityisesti toivottiin esimerkkejä siitä, mihin kohtaan tuntia tai opetusaihetta molekyylimallinnus kannattaa liittää. Myös helppoja nopeasti käyttöön otettavia esimerkkejä toivottiin.

Osa pajamme vierailijoista, erityisesti opettajaopiskelijat ja noviisiopettajat, kertoivat käyttäneensä molekyylimallinnusta kokeellisen työskentelyn tukena jo tämänhetkisessä opetuksessaan. Toisille työmenetelmä oli vieras, eivätkä he olleet koskaan hyödyntäneet sitä omassa opetuksessaan. Muutama opettaja jopa uskoi ottavansa menetelmän käyttöön jo ensi syksynä.

3.6 Lähteet

- Aksela, M. (2006). Kemian ymmärtämisen ja ajattelutaitojen tukeminen. *Dimensio*, 1/2006, 51-53.
- Aksela, M. & Karjalainen, V. (2008). *Kemian opetus tänään: Nykytila ja haasteet Suomessa*. Helsinki: Yliopistopaino Oy.
- Dori, Y. & Barak, M. (2001). Virtual and physical molecular modeling: fostering model perception and spatial understanding. *Educational Technology & Society*, 4(1), 61-74.
- Edelson, D. (2002). Design Research: What We Learn When We Engage in Design. *The Journal of The Learning Science*, 11, 105-122.
- Opetushallitus (2004). *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004*. Helsinki: Opetushallitus.
- OPH Etälukion kemia (2009). Molekyyylimallit. Helsinki: Opetushallitus.
<http://www02.oph.fi/etalukio/opiskelumodulit/kemia/labra/mmallit.html>, luettu 14.3.2011.
- Pernaa, J. & Aksela, M. (2009). Chemistry teachers' and students' perceptions of practical work through different ICT learning environments. *Problems of Education in the 21st Century*, 16, 80-88.

3.7 Liite: Alkoholin palaminen -työohje

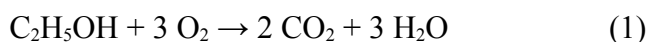
Työn tarkoituksena on, että oppilas oppii ymmärtämään palamisen kemiallisena reaktiona ja alkoholin ominaisuuksia kuten poolisuutta sekä funktionaalisen ryhmän reaktiivisuuden merkitystä kemiallisessa reaktiossa. Lisäksi tarkoituksena, että oppilas oppii työskentelemään turvallisesti työohjeita noudattaen.

Työ tulee tehdä vetokaapissa asianmukaiset suojavarusteet päällä (suojalasit, -takki ja -käsineet). Tulen käsittelyssä on oltava erityisen huolellinen.

Reagenssit ja tarvikkeet

- etanolia
- pipetti
- kellolasi
- tulitiku

Reaktioyhtälö



Työohje

- Laite kellolasille reilusti etanolia kuitenkin niin, että neste ei valu yli reunojen.
- Sytytä etanoli palamaan tulitikkua käyttäen. Käytä tulitikku vain nopeasti kellolasilla ja vedä se saman tien pois.

- Seuraa etanolin palaminen loppuun asti.

Molekyylimallinnus

Alkoholin palaminen suoritetaan ensin kokeellisesti ja työn taustalla olevaa teoriaa käsitellään työohjeistuksen kanssa rinnakkain. Työn suorittamisen jälkeen siirrytään tutkimaan reaktioon osallistuvia komponentteja mikrotasolla molekyylimallintamisen avulla.

Mallintamisessa käytetään esimerkiksi Avogadro-ohjelmaa (ladattavissa ilmaiseksi Internetistä osoitteesta http://avogadro.openmolecules.net/wiki/Main_Page). Elektronitiheyttä tutkitaan Jmol-ohjelman avulla (käytettävissä ilmaiseksi Internetissä osoitteessa <http://www.edumendo.fi/osa1.html>).

Mallintaminen suoritetaan ATK-luokassa siten, että opettaja mallintaa omalla tietokoneellaan näyttäen esimerkkiä ja oppilaat tekevät perässä kukin omalla tietokoneellaan. Oppilaille jaetaan työohje mallintamiseen liittyen (Löytyy tämän ohjeen lopusta). Mallintamisen tavoitteena on, että oppilaat hahmottavat paremmin molekyylien kolmiulotteisen avarusrakenteen. Mallinnettaessa tutkitaan myös molekyylin elektronitiheyttä ja pohditaan, miksi reaktiot kohdistuvat molekyylien tiettyihin kohtiin. Tässä kohdassa selvennetään funktionaalisen ryhmän merkitystä reaktioherkkänä molekyylin osana.

- Avaa Avogadro-ohjelma työpöydän pikakuvakkeesta.
- Tarkista, että yläpalkin ”Tool settings” sekä kynää esittävä painike ovat painettuina alas. Tällöin ikkunan vasemmassa laidassa olevalla työkalupalstalla on osio ”Draw settings” ja haluttujen atomien lisääminen kuvaan on mahdollista.
- Mallinnetaan ensin reaktion lähtöaineina olevat etanoli ja happimolekyyli tulkitsemalla rakennekaavoja. Laitetaan hiilet paikoilleen ja lisätään lopuksi hapet.
- Valmis molekyyli saadaan energiastabiiliin muotoon valitsemalla yläpalkista kohta ”Extensions” ja sieltä alaotsikko ”Optimize geometry”.
- Lopuksi molekyyli tallennetaan jatkotutkimuksia varten. Yläpalkista valitaan ”File → Save as... →” nimetään tiedosto (molekyylin nimi) ja valitaan tiedostomuodoksi mol2. Tallennuksen voi suorittaa esimerkiksi työpöydälle, mistä tiedosto tarvittaessa löytyy helposti.
- Näin tallennettu tiedosto voidaan avata Jmol-ohjelmalla. Huomaa, että on tärkeää käyttää Mozilla Firefox-selainta Java-yhteensopivuuden takia. Klikkaa hiiren oikealla painikkeella kuvaa. Mene kohtaan tiedosto ja valitse ylin kohta listalta ”Avaa tiedosto tai URL”. Valitse tietokoneelta nyt haluttava tiedosto eli mallinnettu molekyyli.
- Jmol-ohjelmalla voidaan tarkastella mm. molekyylin elektronitiheyttä. Klikkaa hiiren oikealla painikkeella kuvaa ja valitse valikosta kohta ”Pinnat” ja alavalikosta

”Elektrostaattinen potentiaali”. Kuvan avulla voidaan pohtia funktionaalisten ryhmien luonnetta sekä sitä, miksi reaktiot kohdistuvat niihin.

- Mallinnetaan Avogadrolla vielä happimolekyyli ja lopuksi reaktion lopputuotteet hiilidioksidi ja vesi.

Oppilaan ohje: Molekyylimallinnus

- Mallinna etanoli.

$$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ | \quad | \\ \text{H} - \text{C} - \text{C} - \text{OH} \\ | \quad | \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$$

 - Mitä funktionaalisia ryhmiä löydät?
- Tutki molekyyliä Jmol-ohjelman avulla. Klikkaa hiiren oikealla painikkeella kuvaa ja valitse valikosta kohta ”Pinnat” ja alavalikosta ”Elektrostaattinen potentiaali”.
 - Miten voit tämän avulla päätellä, mihin kohtaan molekyyliä reaktio kohdistuu?
- Mallinna vielä happimolekyyli sekä reaktiotuotteet hiilidioksidi ja vesi.

4. Kehittämistutkimus palamisen opettamisesta

(Jaakko Turkka & Ville Paasonen)

4.1 Johdanto

Käsillä olevassa raportissa esittelemme tekemämme palamisen opettamisen kehitystutkimuksen. Esittelemme lyhyesti eri opetustutkimuksia, joiden pohjalta laadimme kokeellisuuteen nojaavan opetusmallin, joka selkeyttää palamista kemiallisena reaktiona. Raportin päätteeksi esitämme Kemian opetuksen päivillä opettajilta saamamme palautteen pääkohdat ja parannusehdotukset.

4.2 Palamisen opettamisen teoreettista taustaa

Palamisen opettamisesta on monia suomalaisia ja kansainvälisiä tutkimuksia, joissa on ilmennyt, että oppilailla on usein puutteelliset ja poikkeavat tiedot. Lampiselän (2003) mukaan orgaaniseen ja epäorgaaniseen palamiseen liittyvät käsitteet menevät oppilailta sekaisin vielä lukiossakin. Oppilaat saattavat esimerkiksi luulla, että palamiseen tarvitaan aina hiiltä. Schollumin ja Happsin (1982) tutkimuksessa kävi ilmi, että 10–18-vuotiaat oppilaat esimerkiksi luulivat, ettei ilma liity palamiseen ja ettei palamisessa muodostu uusia aineita. Oppilaat myös uskoivat, että hiukkaset voivat tuhoutua palamisessa ja että lämpö on palamisen muodostama yhdiste.

Meheut (1985) ehdottaa, että oppilaiden on vaikea ymmärtää palamista, koska oppilaat uskovat, että palamisessa tapahtuva aineiden muuntuminen ei johdu eri

yhdisteiden vuorovaikutuksesta vaan erillisten yhdisteiden toisistaan riippumattomasta muuntumisesta. Andersson (1986, 1990) vie Meheutin ehdotuksen pidemmälle ja esittelee luokittelun (ks. taulukko 4.2) oppilaiden selityksistä koskien aineiden fyysistä ja kemiallista muutosta. Luokittelulla voidaan myös havainnollistaa oppilaiden käsityksiä palamisesta.

Taulukko 4.2. Luokittelu oppilaiden selityksistä fyysisestä ja kemiallisesta muutoksesta.

Taso	Luokka	Merkitys
1	Se vain menee niin	Oppilas ei kykene antamaan minkäänlaista selitystä ilmiölle.
2	Siirtyvä aine	Ainetta esiintyy annetussa paikassa, koska se on siirtynyt siihen jostain muualta.
3	Modifikaatio	Mikä näyttää todisteiden valossa olevan uusi yhdiste onkin itse asiassa alkuperäinen.
4	Transformaatio	Annettu yhdiste muuntuu toiseksi yhdisteeksi.
5	Kemiallinen vuorovaikutus	Alkuperäinen yhdiste on vuorovaikutuksessa toisen yhdisteen kanssa muodostaen uuden yhdisteen.

4.2.1 Oppilaiden selitysmallit aineiden fyysisestä ja kemiallisesta muutoksesta

Yläkouluikäiset oppilaat selittävät palamista useimmiten modifikaationa tai transformaationa. Boujaude (1991) esittää oppilailla olevan palamisesta kontekstisidonnaisia selityksiä vailla universaalia teoriaa. Prieto, Watson ja Dillon (1993) esittävät, että oppimista tukisi parempi ymmärrys aineiden kemiallisesta vuorovaikutuksesta ja kemiallisen palamisen selkeämpi erottaminen fysikaalisista ilmiöistä, kuten sulamisesta tai höyrystymisestä.

Rahayu ja Tytler (1991) esittävät, että palamisilmiön ymmärtämistä edesauttaisi oppilaiden selkeämpi käsitys siitä, milloin yhdisteet säilyvät ja milloin ne muuttuvat toisiksi. Oppimisen kannalta tärkeää on, että yhdiste nimetään muutoksen yhteydessä uudelleen. Tutkimus esittää myös, ettei palamista pitäisi etäyttää muista kemiallisista muutosprosesseista.

4.3 Uusi opetusmalli palamiselle

Mallimme esittelee palamisen teoreettista taustaa selkeyttäviä demonstraatioita, jotka havainnollistavat palamista kemiallisena reaktiona. Mallimme toinen tavoite on rikkoa oppilaiden kontekstisidonnaisia käsityksiä palamisesta ja korvata ne universaali-käsityksellä. Oppilaiden käsitysten muuttaminen on kuitenkin haasteellista, koska palaminen on jännittävä ilmiö, johon haetaan selityksiä varhaislapsuudesta saakka. Arkikielessä palaminen viittaa liekkeihin, mutta kemianopetuksen tarkoitus on tarkentaa

palamisen käsitettä hapen reaktioksi eri aineiden kanssa.

Yläkoulujen opetussuunnitelma saattaa entisestään vaikeuttaa tilannetta, sillä epäorgaaninen palaminen opetetaan usein irrallisena ja vuotta myöhemmin kuin orgaaninen palaminen. Kyse on koulukohtaisten opetussuunnitelmien valinnoista, sillä valtakunnallinen opetussuunnitelma antaa vain yleiset raamit opetuksen laatimiselle. Usein orgaanisen palamisen yhteydessä korostetaan puun palamista, mikä on oppilaille palamisen tutuin esimerkki, mutta mikä on oikeastaan vain palamisen erikoistapaus. Lisäksi esimerkiksi Kide-opetuskirjasarjassa epäorgaaniseen palamiseen liitetään sellaisia käsitteitä kuin hapettuminen ja elektronien liike, jotka saattavat entisestään etäännyttää orgaanisen ja epäorgaanisen palamisen toisistaan.

Ehdottamassamme mallissa orgaanisen palamisen opettamisen yhteydessä opetetaan myös epäorgaanista palamista sekä tehdään kaksi kokeellista työtä. Ensimmäinen työ on teräsvillan polttaminen, joka osoittaa vääriksi käsitykset massan häviämisestä. Teräsvillan polttaminen on hyvä esimerkki myös reaktiotuotteiden kannalta. Massan kasvaminen havainnollistaa, ettei kyseessä ole vain transformaatio vaan uuden yhdisteen muodostuminen kemiallisten sidosten avulla. Toinen kokeellinen työ on polttaa orgaanista nestettä, kuten bensiiniä, joka saadaan syttymään höyrystään. Työ osoittaa, että orgaanisen aineen palamisessa on kyse kaasujen palamisesta. Näin oppilaan on helpompi ymmärtää, miksi esimerkiksi puun palaessa reaktiotuotteet näyttävät katoavan.

Kokeellisten töiden ohella haluamme painottaa oppilaille, että kyseessä on kemiallinen reaktio, jonka seurauksena syntyy aina uusia yhdisteitä.

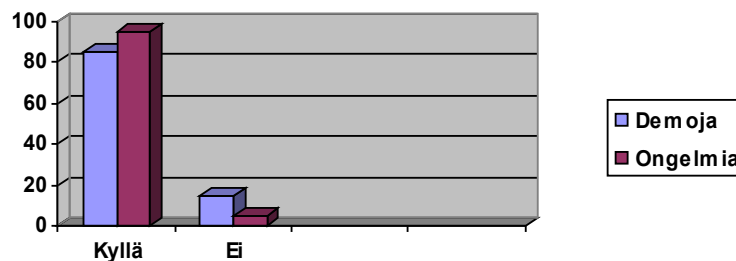
4.4 Opettajilta kerätty palaute

Esittelimme mallimme 2011 Kemian opetuksen päivillä 20 kemianopettajalle ja pyysimme heitä keskustelun ohessa täyttämään kyselylomakkeen. Esitimme heille seuraavat neljä kysymystä.

Kysyimme opettajilta neljä kysymystä.

1. Onko oppilailla vaikeuksia orgaaniseen ja epäorgaaniseen palamiseen liittyvissä käsitteissä?
2. Teetkö kokeellisia töitä palamisen opettamisen yhteydessä?
3. Antoiko esityksemme uusia ideoita?
4. Miten kehittäisit esitettyä opetusmallia?

Kahden ensimmäisen kysymyksen tulokset taulukoitiin (ks. kuva 4.4). Tulosten perusteella päättelimme, että opettajat pyrkivät selkeyttämään opetusta havainnollisilla töillä. Opettajista 95 % vastasi, että heidän oppilaillaan on ongelmia palamiseen liittyvien käsitteiden ymmärtämisessä. Vastanneista 85 % käyttää kokeellisia töitä oppimisen tukena. Keskustelussa opettajat kertoivat käyttävänsä monenlaisia töitä palamisen opettamisen yhteydessä. Esimerkkeinä mainittiin kynttilän, raudan, magnesiumnauhan ja etanolin polttaminen. Kokeellisten töiden kirjo vahvistaa käsitystämme siitä, että opettajat pitävät kokeellisuutta tarpeellisena tukena oppimiselle.



Kuva 4.4. Kuvaajassa esitettyinä opettajien vastaukset kysymyksiin yksi ja kaksi.

Opettajilta keskustelussa ja kyselylomakkeilla saamamme palaute heijastivat teorian esiintuomia asioita. Opettajien mielestä oppilaiden käsitys palamisesta oli transformaatiotasolla. Lomakkeista saimme esimerkiksi lukea, että ”painon nousun oppilaat ennemminkin arvaavat, että siihen liittyy jotenkin happi, kuin että se asia miten happi siihen liittyy ymmärrettäisiin.” Opettajat pitivät erityisesti opetuksen hajauttamista useille vuosikursseille ongelmallisena. Erityisesti toivottiin, että kemiaa opetettaisiin myös kahdeksannella luokalla.

Keskustelun aikana opettajat pitivät teräsvillan ja magnesiumnauhan polttamista hyvinä esimerkkeinä, koska niissä on vähemmän yhdisteitä kuin esimerkiksi puussa. Yksi keskusteluun osallistuneista opettajista huomautti, ettei heidän opetuksessa käyttämiensä vaakojen tarkkuus riittäisi painon muutosten havainnoimiseen palamisessa. Huomautus osoittaa myös miten tärkeää välineiden ajantasaisuus on kemianopetuksen kannalta. Lisäksi keskustelussa ehdotettiin metallin polttamista niin korkeissa lämpötiloissa, että metalli höyrystyisi. Työ osoittaisi orgaanisen ja epäorgaanisen palamisen samankaltaisuuden, mutta useimmissa kouluissa työ olisi mahdollista suorittaa vain teknisen työn luokissa.

Opettajat toivoivat orgaanisen palamisen opettamiseen yksinkertaista koetta, joka osoittaisi palamisessa syntyvät kaasut hiilidioksidin ja vesihöyryn. Puhtaassa palamisessa syntyvien kaasujen osoittaminen kemianluokan olosuhteissa on kuitenkin vaikeaa. Hiilidioksidin voi todentaa kalsiumhydroksidilla, mutta todentamisen ymmärtämiseksi oppilaiden tulisi jo ymmärtää opetettava asia. Vesihöyryn osoittamiseksi ei ole yksinkertaista koetta. Tämän voi todentaa esimerkiksi IR-spektrometrillä tai kaasukromatografilla, mutta kouluilla ei välttämättä ole tällaisia laitteita.

Mallimme palautekeskustelussa kävi ilmi, että opettajat ovat kiinnostuneita etsimään uusia opetusmenetelmiä ja havainnollisia töitä. Opettajien kommentit: ”palamisen luonteeseen ja yleisesti käsitteiden muodostumiseen on kiinnitettävä enemmän huomiota” ja ”pitääpä muistaa mainita erikseen, ettei puu pala, vaan sen kaasut”, osoittavat opettajien olevan kriittisiä omalle opetustavalleen ja olevan valmiita kehittämään edelleen omaa opetustaan.

4.5 Lähteet

- Andersson, B. (1986). Pupils' explanations of some aspects of chemical reactions. *Science Education*, 70(5), 549-563.
- Andersson, B. (1990). Pupils' conceptions of matter and its transformations (age 12-16). *Studies in Science Education*, 18, 53-85.
- Asphol, S., Hirvonen, H., Lavonen, J., Penttilä, A., Saari, H., Viiri, J. & Hongisto, J. (2005). *Aine ja energia: Kemian tietokirja*. Helsinki: WSOY.
- BouJaoude, S. B. (1991). A study of the nature of students' understanding about the concept of burning. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(8), 689-704.
- Lampiselkä, J. (2003). *Uudentyyppinen demonstraatio-opetus tehostaa oppimista* (Akateeminen väitöskirja). Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto.
- Meheut, M., Saltiel, E., & Tiberghien, A. (1985). Pupils' (11-12 year olds) conceptions of combustion. *European Journal of Science Education*, 7(1), 83-93.
- Prieto, T., Watson, R., & Dillon, J. S. (1992). Pupils' understanding of combustion. *Research in Science Education*, 22, 331-340.
- Schollum, B., & Happs, J. C. (1982). Learners' views about burning. *The Australian Science Teachers' Journal*, 28(3), 84-88.

5. Kaasujen opetus lukiossa: Simulaation mahdollisuudet

(Keijo Arajärvi)

5.1 Oppilaiden käsityksiä kaasuista

Kemian opettamista vaikeuttavat oppilaiden monenlaiset virhekäsitykset. Yleisimmät virhekäsitykset liittyvät aineen rakenteeseen kuten yleinen virhekäsitys, että aine on jatkuvaa eikä koostu hiukkasista (Harrison & Treagust, 2002). Myös käsitys siitä, että hiukkasten välissä ei ole tyhjää tilaa tai että aineelle tyypilliset ominaisuudet kuten väri olisivat yksittäisen hiukkasen ominaisuuksia, on oppilailla yleinen. (Gabelin & Bunce, 1994) Tyypillisesti kaasu mielletään paikallaan oleviksi tai massattomaksi ja ajatellaan, että kaasua ei voi lämmittää (Harrison & Treagust, 2002; Sere, 1985).

5.2 Kaasujen käsittely nykyisessä lukio-opetuksessa

Yleisesti opetuksessa tukeudutaan edelleen suurimmaksi osaksi oppikirjaan. (Olkinuora et al., 2001). Kaasujen opettaminen poikkeaa tästä käytännöstä, sillä niiden opettamisessa käytetään usein jotain muuta opetusmenetelmää. (de Berg & Treagust, 1993) Oppikirjojen sisältö pitää joka tapauksessa tuntea, koska niiden pohjalta oppilas rakentaa käsitystään käsiteltävästä aiheesta. (Justi & Gilbert, 2002) Nykyisin käytössä olevat oppikirjat ovat oman katsaukseni mukaan melko teoreettisia. Kaasujen makroskooppisia ominaisuuksia on vain parissa kirjassa kattavasti ja mikroskooppisen tason visualisoinnit löytyvät ainoastaan kahdesta kirjasta. Omien kokemusteni mukaan on tavallista, että kaasujen

tilanyhtälö johdetaan Boylen, Avogadron ja Gay-Lussacin lakien kautta matemaattisesti. Tällöin on mahdollista, että oppilailta jää taustalla oleva kemia ymmärtämättä.

5.3 Simulaatioiden käyttö kaasujen oppimisessa

Simulaatiot voivat olla avuksi kaasun hiukkasluonteen ymmärtämisessä (Webb, 2005), mutta niiden käyttö pitää tarkkaan suunnitella, koska simulaatiot eivät välttämättä edistä oppimista. Hyvä simulaation käyttötapa on ohjattu, ja vaiheisiin jaettu (Russell & Kozma, 2005). Simulaation käyttö on hyödyllisintä aiheissa, jotka ovat vaikeita tai vaarallisia tehdä kokeellisesti (Sinnemäki, 1998)

Käytetty simulaatio löytyy verkosta (ks. University of Colorado, 2011). Tämä simulaatio on yksinkertainen, selkeä ja nopea käyttää. Kaikkia muuttujia voi säädellä tai asettaa joitakin vakioiksi tarpeen mukaan. Jos jokin oppilas on tulkinut asioita väärin, voi simulaation aina toistaa. Opetusprosessissa voi kysyä oppilaiden ennakkokäsityksiä ja kysyä uudestaan työn jälkeen, mitä tapahtui ja miksi.



Kuva 5.3. Java-pohjaisen kaasusimulaation käyttöliittymä (University of Colorado, 2011).

Työssä olevilta opettajilta saadun palautteen mukaan tämä simulaatio sopisi myös perusopetukseen, tosin palautteessa ei mainittu soveltuvuudesta muihin oppimissisältöihin. Yksi ehdotus oli myös simulaation ja demonstraation yhdistäminen, mikä tuntuu kokeilemisen arvoiselta ajatukselta. Simulaatiota voi käyttää joko niin, että oppilailla on kysymyksiä, joihin he etsivät vastaukset simulaation avulla, tai sitten ilman. Mielipiteet jakaantuivat tästä.

Tärkeää on muistuttaa oppilaille, että simulaatio on vain malli. Esimerkiksi oppilas saattaa ajatella simulaatiossa olevien pallojen värin hiukkasten ominaisuutena. Tällaiset asiat on opettajan tiedostettava, ja ehkäistävä virhekesitykset. Yhteinen keskustelu on hyvä

keino etsiä virhekäsityksiä. Muutenkin kemian opetuksessa tulisi korostaa mallien käsitettä, mikä on malli, ja miksi niitä käytetään. Myös eri mallien puutteista ja yksinkertaistuksista tulisi puhua tunneilla.

5.4 Lähteet

- de Berg, K. C. & Treagust, D. F. (1993). The presentation of gas properties in chemistry textbooks and as reported by science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(8), 871-882.
- Gabel, D. L. & Bunce, D. M. (1994). Research on Problem Solving: Chemistry. Teoksessa D. L. Gabel (toim.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning* (s. 301-326). New York, NY: Macmillan.
- Harrison, A. G. & Treagust, D. F. (2002). The Particulate Nature of Matter: Challenges in Understanding The Submicroscopic World. Teoksessa J. K. Gilbert, O. de Jong, R. Justi, D. F. Treagust & J. H. van Driel (toim.), *Chemical Education: Towards Research-based Practice* (s. 189-212). Dordrecht: Kluwer.
- Justi, R. & Gilbert, J. K. (2002). Models And Modelling in Chemical Education. Teoksessa J. K. Gilbert, O. de Jong, R. Justi, D. F. Treagust & J. H. van Driel (toim.), *Chemical Education: Towards Research-based Practice* (s. 47-68). Dordrecht: Kluwer.
- Olkinuora, E., Mikkilä-Erdmann, M., Nurmi, S. & Ottosson, M. (2001). *Multimediaoppimateriaalin tutkimuspohjaista arviointia ja suunnittelun suuntaviivoja*. Helsinki: Suomen Kasvatustieteellinen Seura.
- Russell, J. & Kozma, R. (2005). Assessing Learning from The Use of Multimedia Chemical Visualization Software. Teoksessa Gilbert, J. K. (toim.), *Visualization in Science Education* (s. 299-332). Dordrecht: Springer.
- Séré, M. G. (1985). The Gaseous State. Teoksessa R. Driver, E. Guesne & A. Tiberghien, (toim.), *Children's Ideas in Science* (s. 105-123). Milton Keynes: Open University Press.
- Sinnemäki, J. (1998). *Tietokonepelit ja sisäinen motivaatio – Kahdeksan kertotaulujen automatisointipeliä*. Helsinki: Helsingin yliopiston opettajankoulutuslaitos.
- University of Colorado (2011). Interactive Simulations: Gas Properties. <http://phet.colorado.edu/en/simulation/gas-properties>, luettu 1.12.2011.
- Webb, M. E. (2005). Affordances of ICT in science learning: implications for an integrated pedagogy. *International Journal of Science Education*, 27(6), 705-735.

6. Vetyauto valottaa hapetus-pelkistysreaktiota

(Toni Rantaniitty & Terhi Korhonen)

6.1 Johdanto

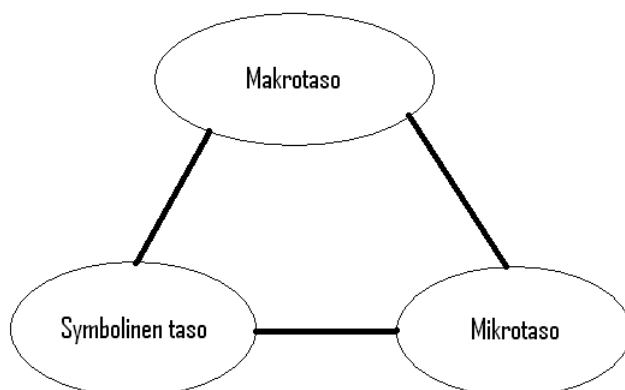
Opetushallitus (2003) määrittelee opetussuunnitelmien perusteissa hapetus-pelkistysreaktiot keskeiseksi osaksi lukion kemiaa, erityisesti KE4-kurssin Metallit ja materiaalit kohdalla. Tässä kehittämistutkimuksessa keskitytään epäorgaanisen kemian näkökulmaan sekä sen yleisesti käyttämiin elektroninsiirtojen ja hapetuslukujen esitysmalleihin. Tavoitteena on kehittää uusi opetusmalli, johon yhdistetään pohdintaa ryhmissä, käytännön työskentelyä sekä erilaisia oppimistehtäviä. Opetusmallin kehittämisessä huomioidaan erityisesti kehittämistutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa tehtävän teoreettisen ongelma-analyysin tulokset (Edelson, 2002).

6.2 Kehittämistutkimuksen ongelma-analyysi

Viime vuosikymmeninä hapetus-pelkistysreaktioiden oppimiseen liittyviä haasteita on tutkittu paljon. Kehittämistutkimuksen ensimmäisenä vaiheena suoritettua ongelma-analyysin perusteella aiheen oppimisen haasteina on havaittu mm. reaktion tunnistamisen vaikeus sekä soveltaminen (Nicos et al. 2003; Garnett & Treagust, 1992). Reaktioon liittyvät käsitteet, kuten esimerkiksi ”happi, hapetin, hapettuminen sekä happo” usein sekoittuvat keskenään (Schmidt & Volke, 2003).

Ennakkokäsityksillä on suuri merkitys oppimiseen. Pohjatiedot vaikuttavat oppilaan uuden tiedon omaksumiseen (Pfund & Duit, 1993). Osassa tutkimuksista on myös havaittu, että oppilaat kokevat kemian haitallisena ja riskialttiina tieteenä. Median välittämät negatiiviset uutiset esim. öljyonnettomuuksista tai ydinkatastrofeista herkästi peittävät oppilaiden positiivista kemiakuvaa ja kemian tuomat yhteiskunnalliset hyödyt ja mahdollisuudet jäävät negatiivisten uutiskuvien varjoon (Barke & Hilbing, 2000).

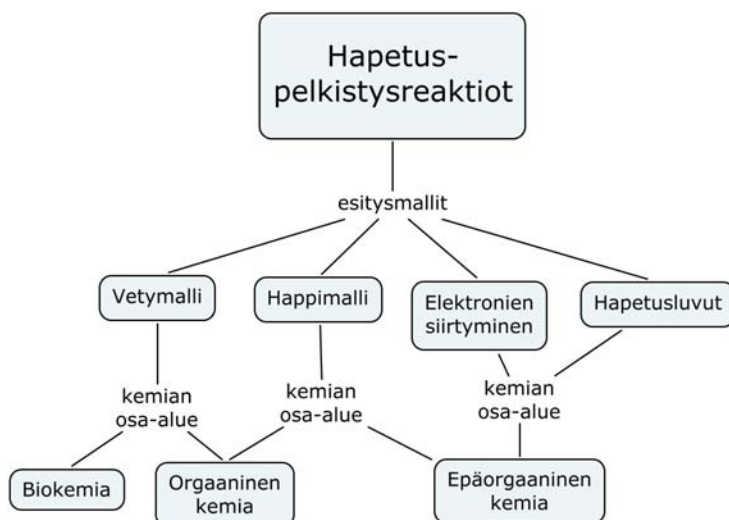
Tutkimusten nojalla abstrakti ajattelu koetaan myös haastavaksi. Päättelykyvyn taustalla vaikuttavat kytkökset arkipäivän ilmiöihin. Kuvassa 6.2 on esitetty opettamisen ja oppimisen tavoitetasot. Tavoitetasoiksi luokitellaan makro-, mikro- ja symbolitaso, joiden yhteisten vuorovaikutuksien avulla kemian tarkasteleminen toteutetaan. Ongelmana on kuitenkin myös se, että opettajat lähestyvät kemiaa usein mikro- tai symbolitasolta, oppilaat puolestaan makrotasolta. Kemian opiskelussa asioita käsitellään eri vuorovaikuttavilla tasoilla, minkä ymmärtäminen tuottaa vaikeuksia (Johnstone, 1991; Johnstone 2000).



Kuva 6.2. Opettamisen ja oppimisen tavoitetasot (Johnstone 1991; Johnstone, 2000).

6.3 Hapetus-pelkistysreaktio

Kemian osa-alueesta riippuen käsitteellä hapetus-pelkistysreaktio tarkoitetaan erilaisia prosesseja. Tieteellisen kehityksen myötä käsitteiden nimet säilyvät, mutta niiden merkitys muuttuu. Pohjoismaissa on tutkittu oppikirjojen erilaisia esittämistapoja hapetus-pelkistysreaktioille.



Kuva 6.3. Esitysmallit (Berg et al. 2010).

Kuvassa 6.3 on esitetty hapetus-pelkistysreaktioiden jakautuminen neljään esitysmalliin, joita ovat vety- ja happimalli, elektronien siirtyminen sekä hapetusluvut. Vety- ja happimalleilla tarkoitetaan tilanteita, joissa yhdisteeseen joko lisätään tai poistetaan vetyä tai happea. Epäorgaanisessa kemiassa eniten käytössä olevat esitysmallit ovat elektronien siirtyminen ja hapetusluvut. Hapetus-pelkistysreaktiolla tarkoitetaan tällöin elektronien luovuttamista ja hapetusluvun kasvamista, eli kyseessä on hapettuminen tai elektronien vastaanottaminen ja hapetusluvun aleneminen eli pelkistyminen (Berg et al. 2010).

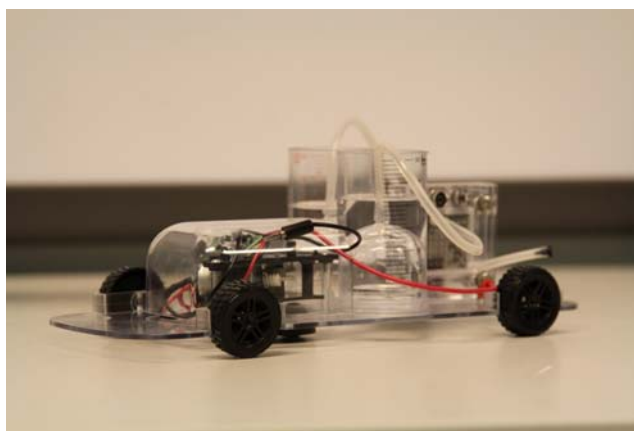
6.4 Uusia näkökulmia hapetus-pelkistysreaktion opettamiseen – kehittämistutkimuksen opetusmalli

6.4.1 Pohjustus sekä ennakkokäsityksien kartoitus

Opetusmallissa lähtökohtana on aiheen pohjustus, joka sisältää erityisesti oppilaiden ennakkotietojen kartoituksen. Pohjustuksella huomioidaan luvun 6.2 teoreettisessa ongelma-analyysissä esitettyjen ennakkokäsityksien vaikutuksia uuden oppimiseen. Pohjustus suoritetaan esimerkiksi keskustelemalla aiheista, jotka liittyvät käytännön työhön, vetyautoon. Yhdessä pohdittavia kysymyksiä ovat esimerkiksi;

- Mitä ennakkotietoja oppilailla on energialähteistä?
- Miten atomeista muodostetaan ioneja?
- Mitä atomille tapahtuu kun se vastaanottaa elektronin/elektroneja?
- Mitä atomille tapahtuu kun se luovuttaa elektronin/elektroneja?
- Miten sähköä voidaan hyödyntää kemiassa?
- Miten kuvailisit hapetus-pelkistysreaktioita?

Pohjustusvaihe antaa opettajalle arvokasta tietoa, joka huomioidaan sovellettaessa opetusmallin seuraavia vaiheita kunkin ryhmän tarpeiden mukaan.



Kuva 6.4.1. Käytännön työnä toimiva vetyauto.

6.4.2 Työn suorittaminen

Työn suorittamisosioon kuuluvat kuvassa 6.4.1 esitetyn käytännön työnä toimivan vetyauton tankkaaminen ja ajaminen. Polttoaineena toimivaa vetyä saadaan elektrolyysin avulla hajottamalla vettä. Vetyauto tuo esille luvun 6.2 mainitsemat kemian tuomat yhteiskunnalliset hyödyt ja mahdollisuudet, mutta myös positiivista kemiakuva. Käytännön osion tuoma konkreettisuus auttaa poistamaan abstraktisuuden tunnetta sekä vetyauto uusiutuvana energialähteenä antaa näkökulman hapetus-pelkistysreaktioiden

tunnistamiselle sekä sovelluksille.

Konkreettisuuden tavoitteena on myös auttaa selventämään työhön liittyviä kemian käsitteitä sekä kehittää oppilaan ajattelutaitoja. Menetelmä lähestyy opittavaa aihetta samalta tasolta kuin oppilaiden on tutkittu lähestyvän.

6.4.2.1 Työn pohdinta

Työn pohdintavaihe voi koostua erilaisista tehtävistä, kuten kuvien laidinnasta sekä tulkinnasta, animaatioista, verkottamisesta käsitekarttojen avulla sekä keskustelusta. Pohdinnan tavoitteena on luvun 6.2 esittelemän abstraktin ajattelun haasteellisuuden välttämisen lisäksi selventää käsitteitä, helpottaa oppilaita tarkastelemaan kemian ilmiöitä eri tasoilla sekä muodostaa kokonaiskuvaa hapetus-pelkistysreaktioista.

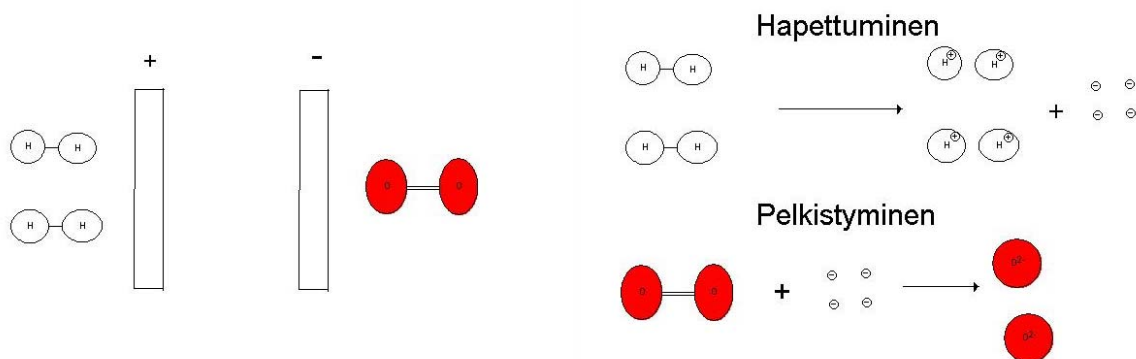
6.4.2.2 Keskustelu

Keskustelun käynnistäviä kysymyksiä ovat esimerkiksi:

- Mitä kaasuja muodostui ja kuinka kaasut muodostuivat?
- Kumpaa kaasua kului enemmän?
- Miksi vetyautoa voi kutsua hyväksi energialähteeksi? Miten vetyauto eroaa nykyautoista?
- Missä muualla on havaittavissa hapetus-pelkistysreaktioita?

6.4.2.3 Animaatio

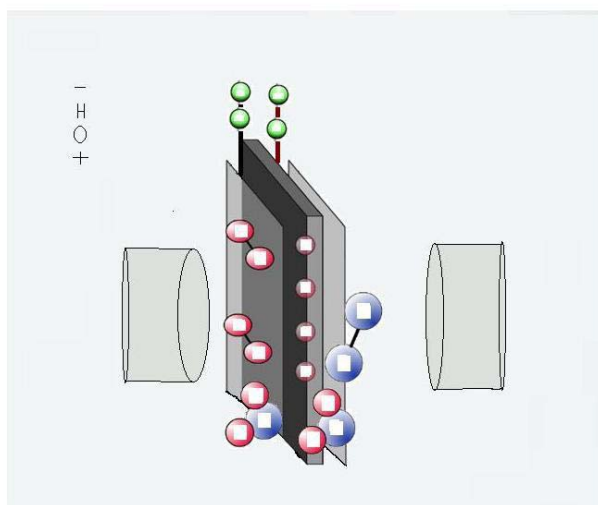
Vetyauton sekä sitä kautta hapetus-pelkistysreaktioihin liittyvä animaatio toteutetaan erilaisten animaatio-ohjelmien avulla. Animaatio luodaan esimerkiksi Chem Sense Animatorilla (ChemSense, 2011), joka on ilmainen internetistä löytyvä ohjelma. Kuvassa 6.4.2.3 esitetään Chem Sense Animatorin mahdollisuuksia muodostaa polttokennoreaktio eri vaiheina. Animaatio alkaa esimerkiksi polttokennon esittelyllä ja jatkuu hapetus- ja pelkistysreaktioiden erittelyllä.



Kuva 6.4.2.3. Chem Sense Animatorilla tehty animaatio kemiallisista reaktioista.

6.4.2.4 Piirtotehtävä

Hapetus-pelkistysreaktiota sekä vetyauton toimintaa mikrotasolla voidaan lähestyä myös piirtotehtävällä. Oppilaiden tulee sijoittaa mikrotasolla kuvattuun polttokennoon kemialliset symbolit oikeisiin valkopohjaisiin laatikoihin sekä kuvata tapahtuman reaktioyhtälö. Kuvan 6.4.2.4 esittämän piirto- ja täydennystehtävän tarkoituksena on poistaa luvussa 6.2 esitettyä vaikeutta tarkastella kemiaa eri tasoilla. Kuvassa 6.4.2.4 polttokennoreaktiosta piirretään kuva, joka täydennetään oikeilla kemiallisilla symboleilla.

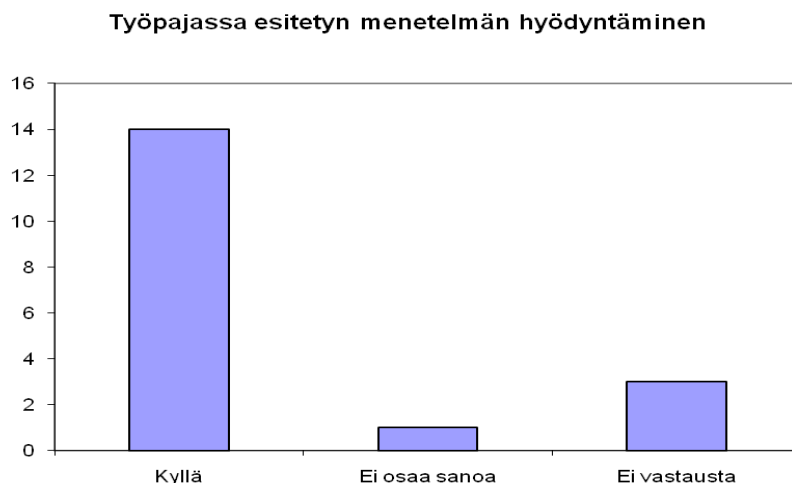


Kuva 6.4.2.4. Tehtävä polttokennoreaktion piirtämisestä ja kemian symbolien täydentämisestä.

6.5 Opetusmallin arviointi

Kehittämistutkimuksen tarjoamasta opetusmallista sekä sen soveltuvuudesta opetukseen on kerätty palautetta Kemian Opetuksen Päivillä 2011. Palautetta opetusmallista antoi kirjallisena 18 henkilöä, joista 89% on virassa toimivia kemian opettajia. Kuvassa 6.5 on esitetty opettajien antama palaute menetelmän hyödyntämisestä. Opettajista 14 vastanneista käyttäisi esitettyä opetusmallia omassa opetuksessaan.

Yleisesti ottaen menetelmä koettiin hyödylliseksi ja helposti aiheen opetukseen soveltuvaksi. Palautekyselyyn vastanneet opettajat toivoivat opetusmallin integroimista muiden aineiden opetukseen. Yksi vastanneista koki vetyauton sukupuolisidonnaiseksi ja tyttöjä vaikeammin motivoivaksi. Viisi prosenttia vastanneista koki aiheen haastavuustason nojalla soveltuvan paremmin lukioon kuin peruskouluun. Palautteen perusteella opetusmalli soveltuu lukioon ja muihin oppiaineisiin integroituna peruskouluun.



Kuva 6.5. Opettajien palaute (N=18).

6.6 Lähteet

- Barke, H.-D. & Hilbing, C. (2000). Image von Chemie und Chemieunterricht. *Chemie in unserer Zeit*, 34(1), 17-23.
- Berg, A., Ekborg, M. & Österlund, L.-L. (2010). Redox models in chemistry textbooks for the upper secondary school: friend or foe? *Chemistry Education Research and Practise*, 11(3), 182-192.
- ChemSense. (2011). ChemSense - Visualizing chemistry. <http://chemsense.sri.com/>, luettu 24.11.2011.
- Edelson, D. C. (2002). Design Research: What we learn, when we engage in design. *The Journal of the Learning Sciences*, 11(1), 105-121.
- Garnett, P. J. & Treagust, D. F. (1992). Conceptual difficulties experienced by senior high school students of electrochemistry: Electric circuits and oxidation-reduction equations. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 121-42.
- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7(2), 75.
- Johnstone, A. H. (2000). Teaching of Chemistry- Logical or Psychological? *Chemistry Education: Research And Practice In Europe*, 1(1), 9-15.
- Nicos, V., Athanasia, N. & Eilks, I. (2003). Twelfth grade students' understanding of oxidation and combustion: using action research to improve teachers' practical knowledge and teaching practice. *Research in Science and Technological Education*, 21(2), 159-175.
- Opetushallitus. (2003). *Lukion opetussuunnitelman perusteet, 2003*. Helsinki: Opetushallitus.
- Pfund, H. & Duit, R. (1993). Students' alternative frameworks and science education. Kiel university.
- Schmidt, H.-J. & Volke, D. (2003). Shift of meaning and students' alternative concepts, *International Journal of Science Education*, 25(11), 1409-1424.

Vuorovaikutteinen Liikkeelle! -oppimisympäristö: Liikenteen vaikutus ilmanlaatuun -tutkimus Suomen kouluissa

Päivi Ojala
Kalajoen lukio

Liikkeelle! on yksi monista eri puolella maata toteutettavista opetuksen kehittämishankkeista, joilla pyritään uudistamaan koulun toimintakulttuuria. Hankkeessa tuotetaan verkkopalvelu, joka tarjoaa käytännön työkaluja tulevaisuuden oppimiseen yläkoulussa ja lukiossa. Hankkeesta vastaavat Kalajoen lukio ja tiedekeskus Heureka. Ilmanlaatatutkimus on hyvä esimerkki opetusprojektista, joka on toteutettu Liikkeelle! verkkopalvelun kautta. Se on myös loistava esimerkki koulujen ja asiantuntijoiden välisestä vuorovaikutuksesta ja yhteistyöstä. Hankkeen aikana yhteistyötä tehtiin pilottikoulujen sekä eri alojen asiantuntijoiden kanssa.

1. Johdanto

1.1 Liikkeelle hanke

Liikkeelle! on Opetushallituksen rahoittama oppimisympäristöjen kehittämishanke, joka on käynnistynyt vuoden 2008 alussa. Hankkeesta vastaa Kalajoen kaupunki yhteistyössä tiedekeskus Heurekan kanssa. Hankkeessa on tuotettu yläkouluille ja lukioille verkko-oppimisympäristö lähiympäristöprojektien toteuttamiseen, käytännön opetusmenetelmiä sekä opettajan opas.

Liikkeelle! vie oppilaat ja opettajat ulos luokista, tutkimaan liikennettä ja liikkumista lähiympäristössä. Lähtökohtana on toiminta autenttisessa oppimisympäristössä Heurekan, Kalajoen Meriluontokeskuksen ja pilottikoulujen lähiympäristössä. Hankkeessa käytetään tutkivan ja yhteistoiminnallisen oppimisen menetelmiä ja hyödynnetään tieto- ja viestintäteknologiaa sekä paikkatietoa pedagogisista lähtökohdista.

Hankkeen aikana on kehitetty ja testataan yläkouluille ja lukioille soveltuvia menetelmiä lähiympäristössä toteutettaviin poikkitieteellisiin projekteihin. Pilottikoulut, yhteensä kahdeksan yläkoulua ja lukiota, ovat tehneet hankkeessa omat projektit, joissa liikennettä ja liikkumista lähiympäristössä on tutkittu eri näkökulmista. Keskeisiä näkökulmia ovat olleet esimerkiksi lähiympäristön arviointi (turvallisuus, terveellisyys, estetiikka ja viihtyvyys), liikenteen ympäristövaikutukset sekä yhteiskunnallinen osallistuminen. Projekteissa on tehty yhteistyötä useiden oppiaineiden välillä, joita ovat esimerkiksi maantiede, matematiikka kemia, yhteiskuntaoppi, kuvaamataito ja terveystieto.

Keskeinen oppimistyökalu hankkeessa on internetissä käytettävä Liikkeelle!-oppimisympäristö, joka kehitettiin hankkeen aikana. Liikkeelle! -ympäristö sisältää interaktiivisen Linkki-ympäristön ja kartta-alustan, jotka mahdollistavat projektityöskentelyn samanaikaisesti eri paikkakunnilla. Oppilaat ja opettaja voivat tuoda kartta-alustalle projektin aineistoa, kuten mittaustuloksia, subjektiivisia havaintoja ja

media-aineistoja. Alusta helpottaa myös vuorovaikutusta oppilaiden ja eri alojen asiantuntijoiden välillä.

Hankkeen tavoitteena on:

1. kehittää oppimisympäristö ja toimintamalli tukemaan kontekstuaalista oppimista ja autenttisen oppimisympäristön käyttöä opetuksessa
2. hyödyntää tieto- ja viestintäteknologiaa pedagogisista lähtökohdista
3. lisätä yhteistyötä koulussa eri oppiaineiden välillä sekä koulun ja yhteiskunnan muiden toimijoiden välillä
4. saada kokemuksia nuorten yhteiskunnallisesta osallistumisesta uuden median välityksellä
5. luoda opettajille valmiuksia tieto- ja viestintäteknologian ja uudenlaisten menetelmien käyttöön, arviointiin ja kehittämiseen
6. tuotteistaa hankkeen tuotokset siten, että ne palvelevat kouluja valtakunnallisesti

Hanketuotokset ovat

1. **Verkko-oppimisympäristö**, joka mahdollistaa paikkatiedon keruun, erityyppisten aineistojen tallentamisen, projektityöskentelyn ja vuorovaikutteisuuden. Alusta palvelee hankkeen kolmannesta vaiheesta alkaen kaikkia suomalaisia yläkouluja ja lukioita. Verkkoympäristön osoite on www.liikkeenlemparisto.fi.
2. **Toimintamalli** lähiympäristöä ja paikkatietoa hyödyntävien, poikkitieteellisten hankkeiden toteuttamiseksi yläkoulussa ja lukiossa. Toimintamallin levittämiseksi tuotetaan opettajanopas ja koulutuskokonaisuus.
3. **Oppimispolut** Heureka ja Meriluontokeskuksen lähiympäristössä. Hankkeen kolmannesta vaiheesta alkaen polut palvelevat kouluryhmiä Heurekassa ja Meriluontokeskuksessa.

1.2 Vuorovaikutteinen Liikkeelle! -oppimisympäristö: Liikenteen vaikutus ilmanlaatuun -tutkimus Suomen kouluissa

Opetussuunnitelmassa esitettyjen kestävä kehityksen periaatteiden mukaista on, että opiskelija osaa mitata, arvioida ja analysoida sekä luonnonympäristössä, kulttuuriympäristössä että sosiaalisessa ympäristössä tapahtuvia muutoksia. Opetussuunnitelmassa korostetaan myös kokeellisuutta. Ympäristöön liittyvistä kokeellisen toiminnan kohteista luonnon veden tutkimiseen löytyy paljon erilaisia kouluille sopivia ohjeita ja jokaiselta koululta löytyvät siihen tarvittavat välineet. Maaperän ja ilmanlaadun kokeelliseen tutkimiseen sopivia välineitä ei tavallisilta kouluilta

löydy, minkä vuoksi esimerkiksi ilman kokeellinen tutkiminen jää hyvin vähäiseksi. Tästä syystä Liikkeelle! hankkeen yhteydessä lähdettiin miettimään mahdollisuuksia myös ilmatutkimuksen mahdollisuuksien parantamiseksi kouluissa ja aihe päätettiin valita yhdeksi pilot-kohteeksi.

2. Ilmastolaadun vuoden (2010) mahdollisuudet kouluopetuksessa

- *Vuosi 2010 oli ilmastolaadun vuosi.*
 - *Miten kouluissa voitaisiin tutkia ilman laatua?*
 - *Voisiko HSY:n käyttämää ja kehittämää analyysimenetelmää soveltaa kouluihin?*

Ilmaston muutoksella on vaikutuksia luonnonoloihin, ihmisten hyvinvointiin ja talouselämään. Ihmiskunnan yhteinen tehtävä on hidastaa ilmaston muutosta. Koulutkin voivat omalla toiminnallaan vaikuttaa ilmaston muutokseen. Tästä syystä Pohjoismaiden opetusministerit ovat sopineet Pohjoismaisesta ilmastopäivästä, jota vietettiin 11.11.2010.

Kestävän tulevaisuuden rakentamisessa kouluilla on tärkeä merkitys. Miten kouluissa voitaisiin tutkia ilmanlaatua? Voisiko HSY:n käyttämää ja kehittämää analyysimenetelmää soveltaa kouluihin?

Diffuusio- eli passivikeräinten avulla voidaan määrittää kaasumaisten ilmansaasteiden kuten typpidioksidin (NO_2) tai rikkidioksidin (SO_2) pitoisuuksia vähällä vaivalla ja edullisesti. Passiivikeräimen toiminta perustuu ilmansaasteiden diffuusioon keräimen adsorboivalle pinnalle. Kaasun siirtymisnopeus ilmasta keräysalustalle riippuu kaasun pitoisuudesta ilmassa, diffuusiokertoimesta sekä keräimen geometriasta. Keräysalustaan sitoutuneen epäpuhtauden määrä analysoidaan laboratoriossa. Suodatinpaperin sisältämä typpidioksidi uutetaan tislattuun veteen ja määritetään spektrofotometrisesti. Mittaustuloksesta saadaan laskettua keräysajan keskimääräinen typpidioksidipitoisuus kaavasta

$$C_0 = \frac{X}{t \cdot D}.$$

Keräinvakio, jossa

C_0 = ulkoilman NO_2 -pitoisuus ($\mu \text{ g/m}^3$)

X = NO_2 -määrä suodattimessa ($\mu \text{ g}$)

t = keräysaika (s)

D = diffuusiokerroin ($D = 1,54 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}^2$, kun lämpötila on 21°C .)

Mikäli ilman lämpötila on eri kuin 21°C , otetaan se huomioon diffuusiokertoimessa seuraavalla tavalla.

$$D = \left(\frac{T}{294,15} \right)^{1,5} \cdot 1,54 \cdot 10^{-5},$$

jossa T on keskimääräinen keräysajan lämpötila muutettuna Kelvineiksi (K) ($273,15 +$ keskimääräinen lämpötila asteina).



Kuva 1. Passiivikeräin.

Keräimillä saatavat tulokset ovat suuntaa-antavia, eivätkä ne ole täysin vertailukelpoisia jatkuvatoimisiin mittauksiin nähden. (Myllynen 2009) Menetelmä on käytössä pääkaupunkiseudulla, ja sen on kehittänyt Helsingin seudun ympäristöpalvelut (HSY, entinen YTV).

Keväällä 2009 Liikkelle!-hankkeen pilottikouluissa testattiin ensimmäisen kerran ilmanlaatumittausta käyttäen passiivikeräimiä. Passiivikeräimet olivat käytössä kuukauden ajan oppilaiden valitsemissa paikoissa. Jotta typpidioksidin kerääminen oli mahdollista, passiivikeräimet aktivoitiin aluksi metanolilla. Metanolin käsittelystä saattaa aiheutua ongelmia kouluille, koska metanolin myrkyllisyyden takia aktivointiin tarvitaan vetokaappi ja kuivauskaappi. Ongelmia tulee myös keräinten analyysissä, sillä tavallisissa kouluissa ei ole tarvittavia laitteita, spektrofotometriä ja ionisaatioallasta.

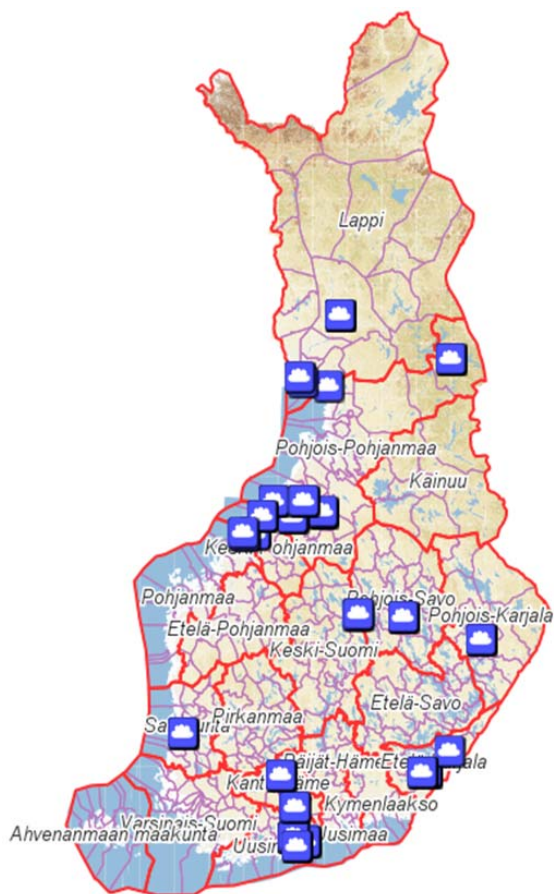
3.1 Typpidioksidin mittaus syksyllä 2010

Syksyllä 2010 typpidioksidin mittausta pilotoitiin opetuskäytössä laajemmin, kun typpidioksidipitoisuuksia mitattiin 36 koulussa eri puolella Suomea. Keräyksillä selvitettiin liikenteen vaikutusta ilman typpidioksidipitoisuuksiin, koska suurin osa ulkoilman typen oksidien pitoisuuksista tiedetään aiheutuvan liikenteen päästöistä (Myllynen, 2009). Typpidioksidin mittaus soveltuu hyvin Liikkeelle! –toimintamalliin,

sillä se kannustaa tutkivaan oppimiseen arkiympäristössä sekä antaa hyvän mahdollisuuden tehdä yhteistyötä sekä eri oppiaineiden välillä että esimerkiksi paikallisten asiantuntijoiden kanssa. Ilmanlaadun tutkimus sopii maantieteeseen, biologian, kemian, terveystiedon oppiaineisiin tai näiden oppiaineiden yhteistyöhön.

Pilotoinnin alkuvaiheessa keräimet aktivoitiin Helsingin yliopiston LUMA-keskuksen Gadolin -laboratoriossa ja lähetettiin postitse kouluille. Tämän jälkeen koulut asensivat keräimet valitsemiinsa paikkoihin syyskuun alussa, merkitsivät ylös mahdolliset typpidioksidikuormittajat ja kuvasivat mittauskohteen. Näiden tietojen perusteella opiskelijat esittivät myös tutkimukselle alkuhypoteesit, kuten oletetut suurimman kuormittajat jne. Opiskelijat merkitsivät paikan ja veivät tiedot oppimisympäristö Linkin kartta-alustalle. Mittausaikana opiskelijat seurasivat myös ilman lämpötiloja. Lopullisia typpidioksidin pitoisuuksia laskettaessa käytettiin keräysajan keskilämpötiloja.

Oppimisympäristö Linkki toimi koko mittauksen ajan tiedotuskanavana, jossa muun muassa asiantuntijat kertoivat typpidioksidin vaikutuksista. Ryhmän tiedostoissa oli kaikki ohjeet ja muut mittaukseen liittyvät materiaalit.



Kuva 2. Ilmanlaadun mittauspisteet Linkin kartta-alustalla
(Liikkeelle! –verkkopalvelu/Maanmittauslaitos).

Keräimet poistettiin kuukauden keräyksen jälkeen ja lähetettiin takaisin Helsingin yliopiston kemian laitoksen Gadolin-luokkaan analysoitavaksi. Helsingin kaupungin Ympäristökeskuksen ympäristövalistaja Asta Ekmanin johdolla nelihenkinen ryhmä

analysoi kaikki 148 keräintä. Analyysin jälkeen tulokset lähetettiin kouluille käsiteltäviksi. Tuloksista opiskelijat laskivat lopulliset typpidioksidipitoisuudet ja kirjasivat ne Linkkiin.

Mittausten ja tulosten julkistamisen jälkeen Linkin Ilmastoryhmässä alkoi vilkas keskustelu. HSY:n ilmansuojeluasiantuntijan, Marja Myllysen johdolla asiantuntijat vastasivat opiskelijoiden kysymyksiin. Kahden viikon aikana opiskelijat olivat saaneet selvitettyä muun muassa, miksi heidän asettamansa alkuhypoteesit eivät pitäneet paikkansa. Opiskelijat olivat myös kiinnostuneita muiden paikkakuntien mittauksista ja jonkin verran myös kommentoivat niitä. Kalajoen lukiossa oli vielä tämän mittauksen jälkeen Tkt Satu Ojalan pitämä asiantuntijaluento ”Päästöjen vaikutukset ilmastoon ja vesistöön”. Luento täydensi projektin aikana saatua tietoa ja yhdisti sen muissa oppiaineissa käsiteltyyn päästöjen vaikutukseen ilmastoon ja vesistöön.

3.2 Mitä typpidioksidin mittaus kertoi?

Mittauksista voitiin päätellä, että suurin osa ulkoilman typen oksidien pitoisuuksista aiheutuu liikenteen päästöistä. Vilkasliikenteisten väylien varrelta ja tiheään asutuilla alueilla saatiin selvästi suuremmat typpidioksidiarvot kuin harvaan asutuilla alueilla. Ennakko-odotuksia muuttivat myös mittausolosuhteet. Mittauksen aikana vallitsevat tuulet muuttivat tuloksia selkeästi. Koe osoitti, että tarvitaan jatkuvaa ympärivuotista mittausta, jos halutaan saada luotettavia tuloksia typpidioksidipäästöistä.

3.3 Onnistuiko typpidioksidimittaus kouluissa?

Projektin alussa sopivan passiivikeräimen kasaamisen tuotti yllättävän suuria ongelmia. Keräimet saatiin kuitenkin kasattua juuri ennen sovittua typpidioksidin mittausajankohtaa ja aktivoitujen keräinten asentaminen pilottikoulujen lähiympäristöön on myös onnistunut. Passiivikeräin ei onneksi ole kertakäyttöinen vaan se voidaan aktivoinnin jälkeen ottaa uudelleen käyttöön. Yleensä ottaen projektiin osallistuneissa koulussa eri vuosikurssit ja oppiaineet sekä yläkoulu ja lukio ovat tehneet hyvää yhteistyötä ja typpioksidimittaus onnistui hyvin.

3.4 Missä keräinten aktivointi ja analyysi voisi toteutua?

Tällä ensimmäisellä kerralla keräinten aktivoinnit ja analyysit toteutettiin Helsingin yliopiston LUMA -keskuksen Gadolin –luokassa. 148 keräimen käsittelyssä oli riittävästi työntekijöitä, jotta keräimet ja myöhemmin tulokset saatiin suhteellisen nopeasti lähetys- ja julkaisukuntoon. Jatkoa ajatellen alueelliset LUMA -keskukset voisivat toimia tällaisen toiminnan keskuksina omilla alueillaan.

3.5 Onnistuiko yhteistyö?

Koulut käsittelivät ilmanlaadun tutkimustuloksia eri oppiaineissa ja jonkin verran yhteistyötä tehtiin myös paikkakunnan viranomaisten kanssa. Eri paikkakunnilla tapahtuva samanaikainen mittaaminen herätti mielenkiinnon muiden paikkakuntien mittaustuloksia kohtaan. Linkki-alusta oli erinomainen väline tämän kaltaiseen mittaustulosten tarkasteluun. Opiskelijat kommentoivat, vertailivat ja kyselivät tuloksista. He saivat myös asiantuntijoilta vastauksia kysymyksiinsä. Linkki toimi hyvin tällaisessa laajassa koko Suomen kattavassa projektissa.

4. Yhteenveto

Kokonaisuudessaan ilmanlaadun mittaamisprojekti oli hyvin mielenkiintoinen sen laajuuden takia. Kokeilu osoitti, että typpidioksidipitoisuuden kokeellinen mittaustulosten käsittely ja vertaaminen on mahdollista toteuttaa yhdessä ja lähes yhtäaikaaisesti samanikäisten oppilaiden kanssa eripuolilla Suomea. Opiskelija voi myös tarkemmin pohtia erilaisia vaihtoehtoja, joilla voitaisiin mahdollisimman vähän kuormittaa ympäristöä. Tämä projekti antoi myös hyvän mahdollisuuden verkostoitua eri tahojen välillä Linkki –oppimisympäristössä. Lopuksi vielä muutamia oppilaiden kommentteja:

” Tällaista mittausta pitäisi olla enemmän ”

” Linkki on hyvä ja toimia tällaiseen yhteistoimintaan. Näkee mitä muut tekevät ”

”Nykyään kouluissa ollaan ehkä hieman liikaakin sisätiloissa, joten toivottavasti jatkossakin tulee tämän tyylisiä hankkeita.”

“Oli mukavaa päästä ulos luokahuoneesta ja opiskella käytännön kemiaa ihan konkreettisesti.

”Lisäksi oli mukavaa tehdä ryhmätyötä.”

Nuoren ympäristösuhde syntyy konkreettisesta toiminnasta

Eila Hämäläinen
Hollolan lukio

1. Taustaa

Hollolan lukio on OKKA-säätiön ympäristösertifioima koulu, joten ympäristökasvatus on sisällytetty kaikkeen koulun toimintaan. Tämä edellyttää, että opettajilla, oppilailla sekä henkilökunnalla on yhteiset tavoitteet ja toimintatavat. Ympäristökasvatustyötä ovat tukeneet koulun erikoiskurssit, ympäristöaiheiset projektit sekä kansallinen ja kansainvälinen yhteistyö. Lisäksi eri oppiaineiden opettajat tukevat ympäristökasvatusta käsittelemällä luonnonsuojeluun, kestävään kehitykseen ja ekologiseen ajattelutapaan liittyviä teemoja – kyseiselle oppiaineelle tyypillisellä tavalla. Näin opiskelijalle muodostuu laajempi katsontakanta ja tämä on myös omalta osaltaan herättänyt nuorten kiinnostusta ympäristötieteisiin. Opiskelijan toimiminen koulun ulkopuolisten tahojen kanssa valmistaa häntä myös paremmin tulevaisuuden haasteisiin ja laajentaa hänen näkemystään ympäristötyön merkityksellisyydestä ja monimuotoisuudesta.

2. Tutki



Kuva 1. Happipullot.

Opiskelijan kiinnostus luontoa kohtaan herää parhaiten, kun hän itse pääsee konkreettisesti tutkimaan luontoa. Hollolan lukion yhteistyö muutaman lahtelaisen lukion ja Lahden kaupungin valvonta- ja ympäristökeskuksen kanssa virisi jo 1990-luvun alussa, kun Hollolan ja Lahden välissä sijaitsevan Vesijärven tilaa alettiin parantaa Vesijärvi I ja Vesijärvi II –projektien kautta. Yhteistyö jatkui useita vuosia syksyisin pidettävillä kenttäkursseilla. Tutkimuspäivinä opiskelijat hakivat ensin kemian opettajan opastuksella vesinäytteet, ja sen jälkeen he tekivät kenttälaboratoriossa erilaisia määrittäyksiä: liuenneen hapen määrä vedessä, pH, johtokyky, lämpötila, näkösyvyys, haju ja väri. Biologian opettajan johdolla opiskelijat tekivät kasvi- ja eläinlajien määrittäyksiä, tutkivat planktoneita sekä kaloja.

Samanlaisia veden laadun määrittäyksiä opiskelijat tekivät myös vuosina 2001 - 2005 toteutetuissa kansainvälisissä ympäristöprojekteissa. Tällöin yhteistyökouluja oli Liettuasta, Italiasta, Venäjältä, Espanjasta ja Englannista. Kansainvälinen talviekologian kurssi toteutettiin täällä meillä Suomessa kolmena peräkkäisenä vuotena, ja vastaavasti me osallistuimme Liettuassa järjestetyille kesäkursseille neljänä peräkkäisenä keväänä. Suomessa pidetyillä kursseilla tutkittiin erikoisesti lumen ja jään merkitystä järven ekosysteemiin. Saatuja tuloksia verrattiin Liettuassa kesä kautena tehtyihin mittauksiin.

Toteutetut Vesijärvikurssit sekä talvi- että kesäekologian kurssit toteutettiin kemian ja biologian opettajien yhteistyönä. Talviekologian kursseilla tutkittiin fysiikan tutkimusmenetelmiä hyväksi käyttäen jään ja lumen vaikutusta luontoon fysiikan opettajan johdolla.

Nykyisin veden kemian tutkiminen toteutetaan erilaisten projektien yhteydessä, mutta vesimäärittäyksiä tehdään myös kemian työkurssilla. Työselostusta tehdessään opiskelija joutuu perehtymään erilaisten mittausten antamiin tuloksiin ja niiden luotettavuuteen sekä tekemään johtopäätöksiä veden laadusta. Myös muiden kemian kurssien ja eri oppiaineiden vettä käsittelevien aihealueiden tiedoilla opiskelijan on mahdollista syventää tietämystään ja saada hyvinkin laaja-alainen näkemys esimerkiksi tutkittavan järven veden laadusta. Kasvanut tieto lisää myös kiinnostusta luonnon monimuotoisuuden säilyttämiseen.

2. Ymmärrä



Kuva2. Roskaaminen.

Rio de Janeirossa järjestettiin vuonna 1992 YK:n ympäristö- ja kehityskonferenssi, jossa määritettiin kestävän kehityksen perusteet. ”Kestävä kehitys on kehitystä, joka tyydyttää nykyhetken väestön tarpeet vaarantamatta tulevien sukupolvien mahdollisuutta tyydyttää omat tarpeensa.” Myös me Hollolan lukiossa toimivat pyrimme kasvattamaan itseämme ja ohjaamaan opiskelijoitamme sellaiseen elämään, että ymmärtäisimme mahdollisimman hyvin kestävän kehityksen periaatteet. Lahden kaupungin Ympäristöforum toteutti 90-luvun puolella välissä Lahden alueen kestävän kehityksen paikallisagenda ja tähän yhteistyöhön osallistui myös Hollolan lukio vuonna 1996.

Yhteistyön tuloksena osallistuimme vuosina 1996 - 1998 Salpausselän kisojen ympäristöohjelman luomiseen ja toteutukseen. Yhteistyömme jatkui Lahden MM-kisaorganisaation kanssa vuosina 1999 - 2001. Opiskelijamme toimivat noina vuosina kisoissa jäteneuvojina – olihan jätteiden lajittelu vielä siihen aikaan hyvin monelle kisavieraille täysin uusi asia. Myös tämä projekti toteutettiin useamman oppiaineen yhteistyönä. Esimerkiksi psykologian opiskelijamme tekivät kyselyn jätteiden lajittelusta ja sukkulabussikuljetuksista sekä laativat tuloksista raportin, joka luovutettiin kisajärjestäjille. Musiikin opiskelijat puolestaan viihdyttivät kisavieraita sukkulabussissa.

Nykyään opiskelijoille on jo itsestäänselvyys, että esim. kemian luokassa syntyneet ongelmajätteet lajitellaan eri vastaanottoastioihin, mutta kestävän kehityksen ymmärrystä vahvistaa ympäristö- ja hyvinvointiasioiden käsittely myös muiden oppiaineiden tunneilla.

Kielten tunneilla käydään läpi ympäristösanastoa ja tehdään esim. akuutteja ympäristöasioita koskevia keskusteluharjoituksia. Äidinkielen tunneilla opiskelijat tekevät kirjoitelmia, jotka ottavat kantaa ympäristökysymyksiin tai he tutustuvat eri ympäristöjärjestöjen kotisivuihin. Terveystiedossa korostetaan ympäristön terveyden ja puhtaan ravinnon vaikutusta yksilön terveyteen. Kestävän kehityksen korostaminen

koulussamme käynnistyi ekologisen kestävyys kauden kautta ja koulun saama OKKA-säätiön sertifikaatti (vuonna 2006) vei kehitystä eteenpäin. Sosiaalisen ja taloudellisen kestävyys näkökulma on alkanut korostua, kun myös muut kuin luonnontieteet ovat enenevässä määrin alkaneet nostaa esiin kestävä kehityksen teemoja.

3. Tarkkaile

Vesijärvikursseilla sekä talvi- ja kesäekologian kursseilla annoimme oppilaille myös avoimia tehtäviä, joissa heidän piti löytää oleelliset havainnot luonnosta. Näin syntyneen ymmärryksen perusteella opiskelija harjoitteli projektin kannalta olennaisten asioiden tarkkailua. Samanlaista havainnointia opiskelijat harjoittelevat myös joka toinen vuosi järjestettävällä geofysiikan kurssilla, joka on maantiedon ja fysiikan kurssi ja toteutetaan yhteistyönä Helsingin yliopiston kanssa. Kurssin kenttätöpäivinä opiskelijat perehtyvät maapallon rakenteeseen ja erityisesti veden merkitykseen ja sen kiertokulkuun maapallolla.

Biologian kurssilla tehtävät jäkäläkartoitukset ohjaavat opiskelijaa myös luonnon havainnointiin ja havainnoista saatujen tulosten perusteella johtopäätösten tekoon.

Vuosittain ainakin muutama lukion päättävä opiskelija koulustamme lähtee opiskelemaan ympäristötieteitä. On mahdollista, että tällaiset kenttäkurssit, konkreettiset mittaukset luonnossa sekä kestävä kehityksen korostaminen kaikessa koulun toiminnassa ovat innoittaneet opiskelijoitamme valitsemaan juuri tämän alan.

Luonnossa liikkumisesta voidaan yksinkertaisesti myös vain nauttia ja siellä voidaan rentoutua. Lähes kaikilla liikunnan kursseilla ainakin jossakin vaiheessa liikutaan myös luonnossa: hiihdetään, melotaan, suunnistetaan tai lenkkeillään. Luontoliikunnassa korostetaan luonnon kunnioittamista sekä luonnon kauneutta ja monimuotoisuutta. Tarkkaavainen liikkuja voi toisaalta myös huomata, jos ihminen on pilannut luontoa omalla toiminnallaan. Sekä luonnon kauneutta että toisaalta sen pilaantumista voidaan tuoda esiin myös viestinnän ja kuvataiteen menetelmin. Elokuvan ja valokuvan opetukseen kuuluu luonnollisena osana visuaalisen ympäristön havainnointi. Ympäristöteemaan liittyviä julisteita on tehty eri kursseilla jo vuosia. Tälle toiminnalle taustaa on antanut myös Lahdessa järjestettävä kansainvälinen julistenäyttely. Tämän näyttelyn yhtenä teemana on ollut kantaaottava ympäristöjulistite. Niin kuvataiteen kuin viestinnän lukiodiplomeissa ympäristö on ollut vuosittain esillä. Esimerkiksi kolme vuotta sitten neljä koulumme opiskelijaa teki kuvataiteen diplomityönsä kierrätysteemasta.



Kuva 3. Planktonnäyte.

4. Valitse



Kuva 4. Sarjakuva.

Kuvallinen ilmaisu on näkynyt koulun ympäristötyössä hyvin monella tavoin. Tämän artikkelin sarjakuva on vuodelta 2007, jolloin Hollolan lukio voitti Lahdessa järjestetyn kansainvälisen ympäristöaiheisen sanomalehtikilpailun. Kilpailu tarjosi opiskelijoille mahdollisuuden tutustua Lahden ympäristön tilaan, oppia kirjoittamaan artikkeleita, käydä haastattelemassa asiantuntijoita sekä tutustua Suomen ja Venäjän ympäristöongelmiin. Lehden artikkelien piti käsitellä kolmea osa-aluetta: oman koulun ympäristön tilaa, koulun lähialuetta ja kunnan/kaupungin tilaa. Lisäksi yhden englannin kielellä kirjoitetun artikkelin piti käsitellä Suomen ja Venäjän rajat ylittävää ympäristöongelmaa ja sen

ratkaisumahdollisuuksia.

Raadin arvostelussa korostettiin sanomalehdessä käytettyjä journalistisia otteita. Kiitosta saivat erityyppiset artikkelit, lukemista helpottavat elementit, harkittu ja huolellisesti toteutettu ulkoasu sekä ajankohtaiset ja uutiselliset jutut. Kilpailun tavoitteena oli lisätä nuorten ympäristötietoisuutta sekä kehittää vastuunottoa ympäristöasioista. Kilpailu järjestettiin samanaikaisesti sekä Lahdessa että Pietarissa. Kilpailun järjestäjänä Suomessa oli Lahden seudun ympäristöpalvelut ja Pietarissa Pietarin vesilaitos Vodokanal.

Lukiolainen on aikuisiän kynnyksellä: hän pohtii tulevaisuuttaan ja joutuu tekemään erilaisia valintoja. Kun eri oppiaineet käsittelevät kestävää kehitystä hieman eri näkökulmista, koulu pystyy antamaan mahdollisimman monipuolisen ja objektiivisen perspektiivin nuorelle.

5. Vaikuta



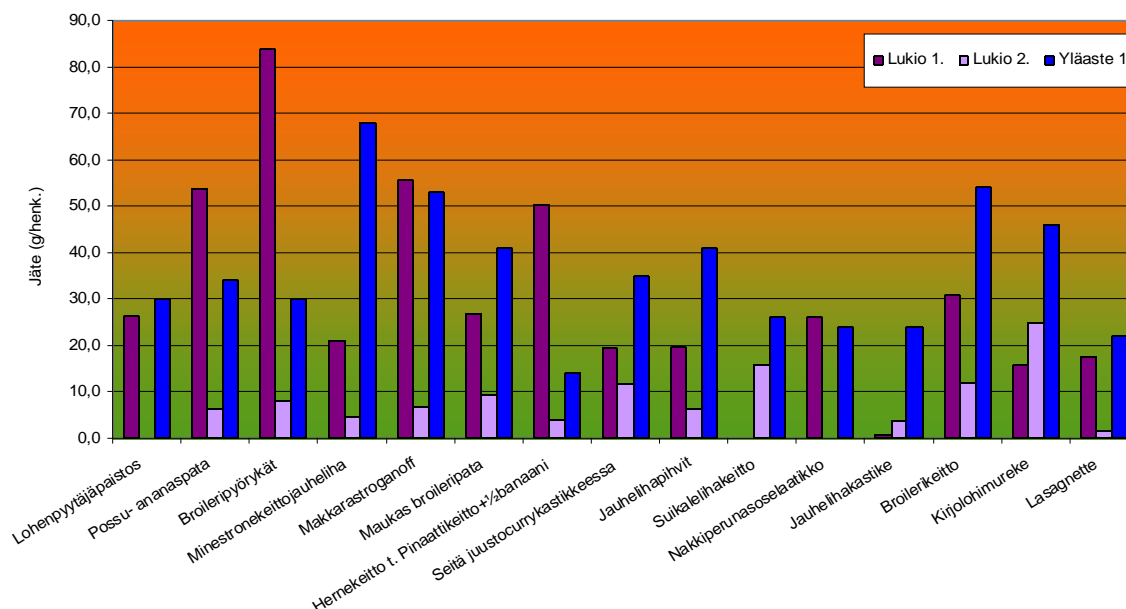
Kuva 5. *Pietarin projekti.*

Sanomakilpailun voitto ja Pietariin suuntautunut palkintomatka avasi yhteistyön Pietarin suuntaan. Lahden seudun ympäristöpalvelut (ent. Lahden kaupungin valvonta- ja ympäristökeskus) on tehnyt yhteistyötä Pietarin Vodokanalin kanssa jo vuodesta 1996 lähtien. Maantieteellinen läheisyys, yhteiset ympäristöongelmat sekä kiinnostus niiden ratkaisemiseen loivat hedelmällisen pohjan yhteistyölle, johon haluttiin ympäristökasvatuksen kautta ottaa mukaan myös nuoret. Lähes vuosittain on toteutettu

jokin ympäristöaiheinen projekti. Tänä keväänä alkanut koulujen välinen yhteistyöprojekti on osa Pietarin vesiosaimiskeskuksen koulutusohjelmaa, jota toteutetaan Pietarin Vodokanal ja Lahden tiede- ja yrityspuiston yhteistyönä. Nuorten koulutusohjelman keskeisenä teemana on vähentää Itämeren kuormitusta. Hollolan lukio on hankkeen pilottikoulu. Projektikurssin aikana opiskelijat perehtyvät kenttätöypäivinä puhtaan veden sekä jäteveden laadun määrittäisiin ja puhdistusmenetelmiin. Lisäksi opiskelijat tarkkailevat kurssin aikana omaan vedenkulutustaan. Projektin aikana suomalaiset ja venäläiset opiskelijat vierailevat toistensa luona. Projektin tulokset esitellään vierailujen yhteydessä.

Koulumme ympäristöohjelman tavoitteena on ollut myös ympäristötietoisuuden levittäminen muihin kouluihin ja yhteisöihin. Nyt jo kolmena vuonna peräkkäin olemme organisoineet yhteistyössä Hollolan Lions-klubien kanssa luontopolun eri hollolalaisten alakoulujen oppilaille. Koulumme ympäristöryhmä Ympyrä on suunnitellut rasteille kysymyksiä ja leijonat ovat työskennelleet oppilaiden kanssa rasteilla. Luontopolun rastit ovat korostaneet jokaisen vastuuta luonnossa liikkueessa. Toisaalta rasteilla on tarkkailtu luontoa ja nautittu sen monipuolisuudesta. Tällainen lähestymistapa antaa toivottavasti positiivisia luontokokemuksia lapsille, ja toisaalta meidän oppilaillemme mahdollisuuden siirtää tietotaitoaan nuoremmille. Myös leijonat ovat olleet erittäin tyytyväisiä tempauksiin, ja hekin ovat saaneet kiitosta aktiivisesta toiminnastaan.

6. Kehity



Kuva 6. Biojätettilasto.

Ympäristösertifikaatin saaminen edellyttää, että ulkoinen auditoija toteaa oppilaitoksen täyttävän sertifikaatin kriteerit. Sertifikaatin ylläpitämisen perusajatuksena on kuitenkin jatkuvan parantamisen periaate sekä opetuksessa että koulun arjessa. Jo

ensimmäisestä sertifioinnista (2006) lähtien alhainen veden, sähkön ja lämmön kulutus ovat olleet vuosittain uudistuvan ympäristöohjelman tavoitteina. Kiinteistöhoitajan tilastot ja toimenpiteet, esimerkiksi veden tulopaineen laskeminen, ovat auttaneet tavoitteiden saavuttamisessa. Samoin konttoripaperin käytön järjeistäminen on pudottanut paperinkulutuksen puoleen aikaisemmasta.

Biojätteen määrän vähentäminen on myös ollut alusta lähtien yksi koulumme ympäristötavoitteista. Tämän tavoitteen toteutumiseen on jokainen koulumme opiskelija voinut vaikuttaa omalta osaltaan. Mittausjaksojen aikana koulun emäntä on punninnut päivittäisen biojätteen määrän ja opiskelijoiden ympäristöryhmä Ympyrä on tehnyt tilaston tuloksista ja esitellyt sen sitten koko koululle. Erilaisilla tietoiskuilla, oppilaiden itse tehdyillä videoilla ja tempauksilla biojätteen määrä on saatu vähenemään aina syksystä kevääseen tultaessa. Kahtena vuonna Ympyrä yritti keskinäisen kilpailun avulla levittää biojätteen vähentämisideaa myös Hollolan yläasteelle, mutta siellä siihen ei oltu vielä valmiita. Ensimmäisenä vuonna lukio voitti kisan ja toisena vuonna yläkoulu ei vielä lähtenyt mukaan, mikä on harmillista.

Ympyrän toiminnan kehittyessä sosiaalisen kestävyuden huomioon ottaminen on korostunut. Tempauksissa on painotettu terveellisiä elämäntapoja ja opiskelijoiden hyvinvointia. Oppilaille tehty vuosittainen viihtyvyyskysely on osoittanut, että vanhempien opiskelijoiden kertomukset viihtyisästä lukiosta ovat olleet yksi merkittävä syy valita nimenomaan Hollolan lukio jatko-opiskelupaikaksi. Koulun johto on lähtenyt kehittämään opiskelijoiden hyvinvointia ja sen seurantaa. Nykyisin ensimmäisen vuoden opiskelijoille järjestetään heti vuoden alussa ryhmäytymisiltapäivä, jolloin luokan opiskelijat tutustuvat paremmin sekä toisiinsa että koulun tiloihin ja käytänteisiin. Myös yksilöllisellä opintojenohjauksella ja ryhmäohjaajan haastatteluilla pyritään auttamaan opiskelijaa sekä opinnoissa että henkilökohtaisissa ongelmissa.

Vuosittain toteutetaan myös ympäristöasennekysely, jonka mukaan suurin osa opiskelijoista tiedostaa omien valintojensa ympäristövaikutukset ja myös ymmärtää ympäristöasioiden vaikuttavan heidän elämäänsä. Viime keväänä tehdyn asennekyselyn mukaan opiskelijat pyrkivät myös välttämään turhaa veden ja sähkön kulutusta myös kotona. Verrattaessa tuloksia edellisen vuoden lukuihin havaitaan, että sekä omien valintojen vaikutus ympäristöön että ympäristöasioiden vaikutus omaan elämään koetaan nykyisin suuremmaksi. Tämä osoittaa opiskelijoidemme vastuuntuntoa omasta toiminnastaan ja ympäristöstään.

7. Tunnustusta

Idea omasta tuulivoimalasta syntyi vuonna 2008, kun fysiikan ryhmä teki oppilasvierailun nanoteknologiaa hyödyntävään yritykseen. Idean synnyttyä tehtiin useita rahoitusanomuksia ja etsittiin yhteistyökumppaneita. Lopulta St1 kiinnostui hankkeestamme. Lisäksi WWF myönsi vuonna 2008 Pandapalkinnon Hollolan lukion tuulivoimahankkeelle tunnustuksena koulun pitkäaikaisesta ympäristötyöstä. Myös kunnan tekninen osasto lähti mukaan hankkeeseen. Näiden sopimusten ja avustusten turvin syksyllä 2009 koulun pihalle pystytettiin 1,5 kW pientuulivoimala. Kevääseen 2011

mennessä energiaa on tuotettu koulun omaan energiantarpeeseen 83 kWh. Tuulivoimalan sijainti ei kuitenkaan ole paras mahdollinen, ja siksi saatu hyöty on odotettua pienempi. Reaaliaikainen seuranta, tilastot tuotannosta ja hiilidioksidipäästöjen vähentämisestä mahdollistavat tuulivoimalan integroinnin opetukseen ja muihin projekteihin. Koulun pihalla seisovalla pientuulivoimalalla on lisäksi suuri vaikutus ihmisten asenteisiin. On myös mahdollista, että eri oppiaineissa käsiteltävänä olevat energiakysymykset ovat herättäneet opiskelijoidemme kiinnostuksen uusiutuviin energiamuotoihin. Tästä syystä entistä useampi 2. vuoden opiskelija valitsi energian säästön koulumme tärkeimmäksi ympäristötavoitteeksi. Ympäristöasennekyselyn vapaamuotoisessa osuudessa opiskelijat toivoivat luentosarjaa uusiutuvista energiamuodoista. Oppilaiden toive toteutuu jo tänä syksynä, kun alan asiantuntijan pitää luennon uusiutuvasta energiasta ja energiatehokkuudesta.

Koulumme hankkima pientuulivoimala on innoittanut myös muita oppilaitoksia selvittämään omia mahdollisuuksiaan hankkia tuulivoimaloita. Uusiutuvan energian hyödyntämistä on suunniteltu lisättäväksi hankkimalla koulumme aurinkokeräimet, jotka tuottavat energiaa käyttöveden lämmittämiseen. Keräämistä on saatu edullinen tarjous Oilon Oy:lta, ja alustavat piirustukset niiden liittämistä koulun lämmitysjärjestelmään on tehty. Asia etenee teknisen viraston hoidossa ja sitä valmistellaan vuoden 2012 talousarvioon.

Koulumme pyrkii siis jatkossakin toimimaan ympäristösertifikaatin ja Agenda 21:n periaatteiden mukaisesti. Haluamme kehittää omaa toimintaamme ja varmistaa mahdollisimman hyvän tulevaisuuden myös tuleville sukupolville.



Kuva 7. Tuulivoima.

LIITE – Projektin juliste



HOLLOLAN LUKIO

Tutki



Ymmärrä



Tarkkaile



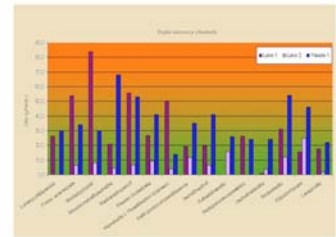
Valitse



Vaikuta



Kehity



Hollolan lukio on ympäristösertifioitu oppilaitos, joka painottaa opetuksessa ja toiminnassa ekologisia arvoja. Osa energiasta tuotetaan koulun pientuulivoimalalla. Oppilaiden oma ympäristöryhmä toimii aktiivisesti luonnon puolesta. Lisätietoja toiminnasta osoitteesta <http://hollolanlukio.fi>

II Tutkimusartikkelit

Kemian noviisiopettajien käsityksiä opettajan työstä ensimmäisinä työvuosina

Heidi Handolin & Maija Aksela

Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto

Kemian opettajankoulutusohjelma, jonka tavoitteena on filosofian maisterin tutkinto, on pituudeltaan viisivuotinen. Helsingin yliopistossa koulutuksesta 80 % toteutetaan ainelaitoksilla ja 20 % opettajankoulutuslaitoksella sekä harjoittelukouluissa. Koulutusta on kehitetty vuodesta 2001 lähtien muun muassa vahvistamalla ainelaitoksen opetusta erillisillä kemian opetuksen kursseilla ja lisäämällä siihen kemian opetuksen tutkimusta. Tämä tapaustutkimus on osa kemian perusopettajankoulutuksen kehittämistä. Tutkimus vastaa tarpeeseen selvittää noviisiopettajien näkemyksiä opintojen hyödyllisyydestä, erityisesti työelämän ensimmäisien vuosien haasteiden näkökulmasta. Tutkimuksen kohderyhmänä oli yhdestä viiteen vuotta työelämässä olleita kemian opettajia, nk. noviisiopettajia. Tutkimuksessa kemian opettajankoulutusta käsiteltiin kokonaisuutena. Laadullinen tapaustutkimus toteutettiin teemahaastattelun avulla. Pää tavoitteena oli saada selville, millaisia näkemyksiä noviisiopettajilla on kemian opettajankoulutuksen vastaavuudesta työelämän haasteisiin. Tutkimuksessa saatiin vastauksia kysymyksiin i) millainen merkitys kemian opettajankoulutuksella on ollut noviisiopettajille työelämän ensimmäisinä vuosina ja ii) kuinka kemian opettajankoulutusta tulisi kehittää tukemaan paremmin noviisiopettajien työelämän ensimmäisien vuosien haasteita. Tutkimuksen mukaan noviisiopettajat pitivät merkittävänä saamaansa peruskoulutusta esimerkiksi pätevyytensä näkökulmasta. Myös kemian opetuksen kursseja ainelaitoksella pidettiin tärkeänä osana koulutusta. Yhteensä merkittäviä kategorioita muodostui kahdeksan. Kemian opetuksen kursseja ainelaitoksella pidettiin tärkeänä osana opettajankoulutusta. Opettajankoulutuksen kehittämiskohteita muodostui kuusi. Noviisiopettajien näkemysten mukaan koulutuksessa tulisi painottaa enemmän esimerkiksi ainehallinnan soveltavaa tietoa ja tiivistää yliopisto-opetuksen sekä koulumaailman välistä kuilua.

1. Aineenopettajakoulutuksen vastaavuus työelämän haasteisiin

Helsingin yliopiston strategian mukaisesti opettajankoulutuksen tavoitteena on opettaa opiskelijälähtöisesti syväoppimista, joka luo perusteet elinikäisen oppimisen polulle (Helsingin yliopisto, 2009). Opettajankoulutus voidaan nähdä yhtenä osana elinikäistä oppimista, jossa koulutus on katkeamaton ja yhtenäinen jatkumo aina peruskoulutuksesta työelämään siirtymisen vaiheeseen ja työuran loppuun asti (Aksela, 2010; Euroopan unionin komissio, 2007; Niemi & Räihä, 2007). Helsingin yliopiston kemian opettajankoulutusta on kehitetty systemaattisesti vuodesta 2001 lähtien. Kemian aineenopettajakoulutus rakentuu pääosin opetettavien aineiden ainelaitosten opinnoista ja opettajan pedagogisista opinnoista, jotka sisältävät myös opetusharjoittelun. Koulutus toteutetaan Helsingin yliopistossa ns. kolmikantayhteistyönä ainelaitosten, opettajankoulutuslaitoksen ja opetusharjoittelukoulujen välillä. Kemian laitoksella, joka vastaa kemian opettajankoulutuksesta neljän vuoden ajalta, on vahvistettu aineenopettajankoulutusta kemian opetuksen kurssien sekä sen tutkimuksen kautta vuodesta 2001 lähtien (Aksela, 2010).

Aineenopettajankoulutuksen opintojen vastaavuudesta työelämän haasteisiin ja opetuksen kehittämiseen liittyen on tehty aiemmin tutkimusta Suomessa (esim. Väliisaari, 2009 ja Krzywacki, 2009). Kansainvälisesti opettajankoulutusta ja sen kehittämistä on

tutkittu laajasti jo vuosikymmenten ajan (esim. Russell & Martin, 2008).

1.1 Noviisiopettajien haasteet

Aineenopettajien työelämän ensimmäisien vuosien haasteita eli ns. noviisiopettajien haasteita ensimmäisien 1-5 työvuoden aikana on tutkittu Suomessa vähän. Näiden aiempien tutkimusten mukaan noviisiopettajilla on havaittavissa lukuisia haasteita (Ulvik et al. 2009). Tilanteen parantamiseksi tarvitaan myös tukitoimia. Noviisiopettajille kemian opetuksen haasteita ovat esimerkiksi kokeellisuus, työturvallisuus, kurinpito, arviointi, suunnittelutyö, vertaistuenpuute, työn kuormittavuus, stressi, suuret luokkakoot, ainehallinnan osaaminen ja ainesisältöjen sovellukset sekä muut opettajan tehtävät kouluyhteisössä. (Handolin et al. 2010)

Opettajan osaaminen, tieto ja taito ovat laajoja käsitteitä, joihin noviisiopettajien haasteet kohdistuvat. Tässä tutkimuksessa noviisiopettajien osaamisella tarkoitetaan kaikkea, sitä, mikä liittyy opettajan tietoihin ja taitoihin sekä osaamiseen ja työn kuvaan. Erään teorian mukaan opettajan osaaminen voidaan kuvailla rakentuvan pedagogisesta sisältöosaamisesta (PCK), yleisestä pedagogisesta osaamisesta (GPK), oppiaineosaamisesta ja kontekstiosaamisesta sekä niiden välisestä vuorovaikutuksesta (Grossman, 1990). Kyseinen malli pohjautuu Shulmanin (1987) teorianmalliin, jota on laajennettu ns. yleisemmäksi opettajan osaamisen malliksi. Pedagoginen sisältöosaaminen rakentuu esimerkiksi käsityksestä oppiaineen opettamisen päämääristä ja opetussuunnitelman osaamisesta. Yleinen pedagoginen osaaminen voidaan kuvailla rakentuvan esimerkiksi luokan hallintaan ja oppilaiden oppimiseen liittyvästä osaamisesta. Oppiaineosaaminen on esimerkiksi opetuksen ainehallintaan liittyvää osaamista ja kontekstiosaaminen puolestaan kodin ja koulun väliseen yhteistyöhön sekä organisaatiossa työskentelyyn liittyvää osaamista. Suomalainen koulutusjärjestelmä huomioidaan myös erityisesti elinikäinen oppiminen olennaisena osana opettajan osaamista ja sen kehittämistä. (Handolin et al. 2010)

Noviisiopettajien haasteiden tukeminen koetaan tarpeellisenä ja tärkeänä kansainvälisesti monesta eri näkökulmasta (esim. Euroopan unionin komissio, 2007). Noviisiopettajien haasteita voidaan tukea ennen kaikkea ennaltaehkäisevästi, esimerkiksi kehittämällä opettajankoulutusta. Lisäksi opettajaksi kasvamisen tulee olla jatkumo läpi työuran, jolloin niitä elementtejä, joita ei ehditä kehittämään perusopettajankoulutuksen aikana, voidaan kehittää täydennyskoulutusten avulla. (Bullough, 1989)

1.2 Kemian aineenopettajakoulutus

Ainelaitosten opetusta on koulutuksessa suurin osa, joka koostuu Kemian laitoksen aineenopettajien koulutusohjelmassa kemian aineopinnoista ja soveltavista kemian opetuksen opinnoista. Opettajankoulutuksessa koulutetaan ns. tutkivia opettajia (Aksela, 2010).

Yleissivistävän koulutuksen aineenopettajan kelpoisuusvaatimusten mukaisesti opettajan tulee olla suorittanut ylempi korkeakoulututkinto eli maisterivaiheen opinnot ja

opettavien aineiden opinnot sekä opettajan pedagogiset opinnot (Asetus opetustoimen henkilöstön kelpoisuusvaatimuksista 14.12.1998/986).

Tutkinnon laajuus Helsingin yliopiston järjestämässä aineenopettajan suoravalinnan suuntautumisvaihtoehdossa on uusien tutkintovaatimusten mukaisesti 180 opintopistettä (op) luonnontieteiden kandidaatin tutkintoon ja näiden lisäksi 120 op filosofian maisterin tutkintoon. Koulutus kestää noin viisi vuotta ja noin 80% kursseista suoritetaan kemian laitoksen opintoina, joista osa on kemian opettajille suunnattuja kemian opettajankoulutusyksikön soveltavina kursseja. Opinnot sisältävät myös kandidaatin ja pro gradu – tutkielman, joiden aihealueet pääsääntöisesti käsittelevät kemian opetuksen tutkimusta. Opinnot sisältävät lisäksi 60 opintopisteen laajuiset opettajan pedagogiset opinnot, joihin sisältyy myös opetusharjoittelua. Lisäksi opintoihin kuuluu muiden opettavien aineiden opintoja sekä muita yleisiä opintoja, kuten tieto- ja viestintätekniikan ja kielten opintoja.

Välisaari (2009) on tutkinut Jyväskylän yliopiston kemian opettajankoulutuksesta valmistuneiden opettajien käsityksiä ja mielipiteitä opintojen vastaavuudesta työelämän tarpeisiin sekä mahdollisia täydennyskoulutustarpeita. Tutkimusten mukaan kyseinen koulutusohjelma Jyväskylän yliopistossa on pääosin kunnossa ja kokonaisarvio on positiivinen. Koulutuksen hyviä osa-alueita on koettu olevan esimerkiksi kokeellisuus, opiskelijälähtöisyys ja pienet ryhmäkoot (Välisaari, 2009). Tutkimusten mukaan maailman laajuisesti työelämään siirtyvät opettajat kokevat opintojensa kokonaisuudesta erityisesti opetusharjoittelun ja käytännöstä oppimisen merkittäväksi ja tärkeäksi osa-alueeksi opettajan koulutusta (Russell & Martin, 2008).

Kehittämiskohteita Jyväskylän yliopiston tutkimuksen mukaan on mm. kasvatustieteiden opintokokonaisuuksissa. Opintokokonaisuuksiin toivottiin lisää esimerkiksi kokeellisuuteen, kokeellisuuteen ja työturvallisuuteen historiaan liittyviä aiheita ja enemmän kokeneiden opettajien opetukseen tutustumista. Lisäksi tutkimuksen mukaan opiskelijat eivät ole saaneet hyviä valmiuksia esimerkiksi oppilashuoltoon, erityisopetukseen ja pedagogiseen sisältötietoon osa-alueisiin. (Välisaari, 2009)

3. Tutkimuskysymykset

Tämä tutkimus vastaa tarpeeseen selvittää noviisiopettajien näkemyksiä opintojen hyödyllisyydestä ja mahdollisista kehityskohteista, jotka toisivat esille ennakoiden työelämän haasteita. Tutkimus on toinen vaihe pilottitutkimusta ja toimii osana laajempaa tutkimusta, jossa tutkitaan eri näkökulmista noviisiopettajien työelämän haasteita ja tukitoimien vahvistamisen mahdollisuuksia

Tässä artikkelissa käsiteltävässä tutkimusosassa käsitellään tutkimustuloksia noviisiopettajien näkemyksistä kemian opettajankoulutuksen vastaavuudesta työelämän haasteisiin. Tarkemmin tässä tutkimusosassa etsitään vastauksia seuraaviin kahteen tutkimuskysymykseen:

1. Millainen merkitys kemian opettajankoulutuksella on ollut noviisiopettajille työelämän ensimmäisinä vuosina?

2. Kuinka kemian opettajankoulutusta tulisi kehittää tukemaan paremmin noviisiopettajien työelämän ensimmäisien vuosien haasteita?

4. Tutkimusmenetelmä

Tutkimus on laadullinen tapaustutkimus, jonka tutkimusmenetelmänä käytettiin teemahaastattelua (Syrjälä, Ahonen & Syrjäläinen, 1994; Hirsjärvi & Hurme, 1988). Haastatteluaineiston analysoinnissa on käytetty aineistolähtöistä sisällönanalyysin menetelmää (Tuomi & Sarajärvi, 2002).

Litteroidusta haastatteluaineistosta tehtiin pelkistyskärsiä, joiden avulla muodostettiin tulosten teemat (ks. Kaavio 1).

Kaavio 1. Esimerkkejä haastatteluaineiston pelkistämistä ja teemojen muodostumisesta.

Esimerkki opettajankoulutuksen merkityksellisyyden teemasta (tutkimuskysymys i)	
"No joillain kurssilla on varmasti niinku, jotain niinku, no joku kokeellisuuskurssi. Kemian opettajille suunnattu kokeellisuuskurssi. Tai jotkut labrakurssit, mis tehdään niinku niitä analyysijä tai niinku synteesejä, analyysijä, epäorgaanisessa labrassa tai näin ni ne on antanu ehkä niinku siihe työskentelyyn. "	Kokeellisuus
"Se mikä siin on ollu mun mielestä hyödyllistä on ollu se et siinä on ollu se fokus että tätä opetetaan jollekin. Eikä nii et mä oisin vaa luku sitä kemiaa ja oppinu itse sitä. Et se on mun mielest suurin anti että siellä on jouduttu mieltii et miten tää tuodaan oppilalle esille. Se on ehkä mun mielestä ehkä suurin anti sillä opettajan koulutuksella."	Suoravalintakoulutusohjelma ja tavoitteellisuus, kemian opetuksen kurssit
Esimerkki kehittämiskohteiden teemasta (tutkimuskysymys ii)	
"No sovellukset ja sitte mun mielestä heikkous on myöskin vähän se kuitenkin et millä tavalla niit joitain juttuja pitäis opettaa. "	Kemian sovellukset, opetusmenetelmät
"No siihe vanhempien kanssa työskentelyyn, opettajayhteisössä työskentelyyn ja sit niihi käytännön, kirjatilaukset, tilaukset, materiaaleista vastaaminen ja kaikki semmonen."	Yhteistyö vanhempien kanssa, opettajayhteisössä työskentely, opettajan arjen tehtävät

Kemian opettajankoulutuksen vastaavuutta työelämän ensimmäisinä vuosina ei ole aiemmin tutkittu laajasti suomalaisessa koulutusjärjestelmässä, jonka vuoksi tässä tutkimuksessa lähestyttiin tutkimuskysymyksiä aineistolähtöisesti. Alustava tutkimuksen viitekehys auttoi teemahaastattelun kysymysten muodostamisessa, mutta varsinaista viitekehystä tarkennettiin aineistoon perustuen. Aineiston käsittelyssä muodostuneet luokat ovat näin ollen uusia ja ovat myös tarkentaneet tutkimuksen viitekehystä.

Taulukko 1. Noviisiopettajien taustatietoja (PK=peruskoulun vuosiluoka 7-9, L=lukio, KE=kemia, MA=matematiikka, HY= Helsingin Yliopisto).

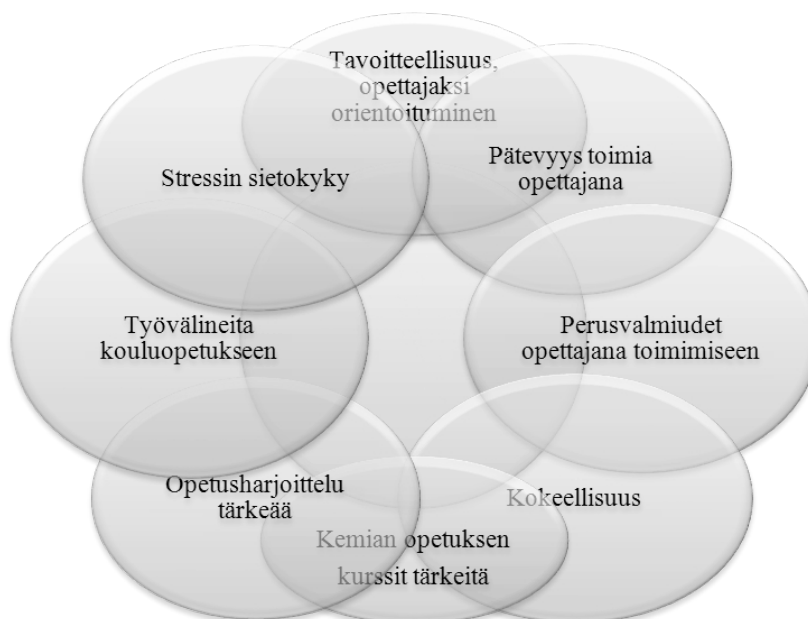
	Valmistumisvuosi	Opetusaste	Opettajan pätevyys	Opiskelu-yliopisto
Noviisiopettaja 1	2009	L	KE + MA	HY
Noviisiopettaja 2	2008	PK	KE + MA	HY
Noviisiopettaja 3	2007	PK + L	KE + MA	HY

Haastattelujen kohderyhmäksi on valittu kolme kahdesta neljään vuotta työelämässä olleita kemian opettajia. Haastatellut opettajat ovat valmistuneet Helsingin yliopiston Kemian laitoksen opettajankoulutusyksiköstä suoravalinnan koulutusohjelmasta (ks. taulukko 1). Haastatellut opettajat ovat kaikki opiskelleet kemian opettajiksi ensimmäisestä opiskeluvuodesta lähtien. Haastattelut toteutettiin syyslukukaudella 2010.

4. Tulokset

4.1 Opettajankoulutuksen merkitys

Saatu kemian opettajankoulutus on ollut noviisiopettajille merkityksellinen työelämän ensimmäisinä vuosina. Aineistosta saatiin kahdeksan pääteemaa sisällönanalyysillä (ks. kaavio 2). Kaikki haastatellut noviisiopettajat pitivät peruskoulutustaan merkittävänä opettajan pätevyyden saamisen näkökulmasta. Kaksi noviisiopettajaa kolmesta piti koulutusta hyödyllisenä ensimmäisen vuoden työelämän haasteiden näkökulmasta.

**Kaavio 2.** Opettajankoulutuksen merkityksiä noviisiopettajien näkökulmasta.

Opettajat kokivat tärkeäksi opintojensa tavoitteellisuuden ja sen, että he tähtäsivät kohti työelämää opinnoillaan. Tavoitteellisuus tuli esille hyvin mm. kemian opetuksen soveltavilla ainelaitoksen kursseilla.

”No varmaan se et musta tuli opettaja. En mä varmaan olis valmistunu kemmalta ensi kemistiks ja sitten opettajaks, tuskin, vähä epäilen. Öm. Ja varmaan niinku myöskin se et se koulutus sai niinku pysymään kiinni siinä että se tähtäs just sinne mihi halus tähdätäkin...” (Haastateltava 1)

Haastatellut opettajat kokivat opettajaksi opiskelun erittäin tärkeänä jo ensimmäisistä opiskeluvuosista lähtien. Rakenteellista osuutta opintojen merkityksellisyyteen voidaan pitää esimerkiksi opintojen suoravalinnan merkitystä Helsingin yliopistossa.

Noviisiopettajat kokivat, etteivät voisi opettaa laadukkaasti ilman saamaansa perusosaamisesta. Kysyttäessä haastatelluita opettajilta opintojen merkityksellisyyttä työuransa kannalta saatiin vastaukseksi mm. kokeellisuuteen liittyviä kurssi- ja aihesisältöjä. Opettajat kokivat, että kaiken kokeellisuuteen liittyvän opiskeluissaan merkitykselliseksi ja tuovan selkeitä työvälinettä kouluopetukseen. Eräs haastateltu noviisiopettaja koki myös koulutuksen kehittäneen hänelle stressin sietokykyä ja näin ollen valmistanut tuleviin työelämän haasteisiin

”No joillain kursseilla on varmastiki niinku, jotain niinku, no joku kokeellisuuskurssi. Kemian opettajille suunnattu kokeellisuuskurssi. Tai jotkut labrakurssit, mis tehdään niinku niitä analyysejä tai niinku synteesejä, analyysejä, epäorgaanisessa labrassa tai näin ni ne on antanu ehkä niinku siihe työskentelyyn...” (Haastateltava 3)

Haastatellut opettajat kokivat opintoihin kuuluvan opetusharjoittelun olevan merkityksellinen. Käytännön harjoittelun koettiin yhdistävän opiskelun ja tulevan työelämän hyvin.

”Harjottelu oli hyödyllinen, varmaan hyödyllisin osa koko koulutusta, mutta kyl seki sais olla vaik vähä pidempi. Ei niitä kovin montaa tuntia päässy pitämään. Et tavallaan ehkä iha sellanen jakso et mis sä pääset kokeilee ja sit et sä kokeilet sit tietty iha vaa sitä opetushommaa. Et siel vois olla ehkä sitäki et sä pääsisit johonki opettajakokoukseen kattoo et millast se on ja vaik järjestää jotain koulun tapahtumaa se et niitä erilaisia opettajan arkeen liittyviä asioista et ei pelkästään sitä et mä suunnittelen sen tunnin ja käyn pitämässä sen.” (Haastateltava 2)

4.2 Opettajankoulutuksen kehittämiskohteita

Haastateltujen noviisiopettajien mukaan koulutuksessa on kehittämiskohteita työelämän haasteiden ennaltaehkäisyn näkökulmasta. Tulosten analysoinnissa muodostui yhteensä kuusi kategoriaa (ks. kaavio 3).



Kaavio 3. Opettajankoulutuksen kehittämiskohteita noviisiopettajien näkökulmasta.

4.2.1 Kemian sovellukset ja soveltava osaaminen

Kemian opintojen kurssisisällöissä toivottiin jatkossa tuotavan enemmän esille kemian nykysovelluksia, joita voi soveltaa kouluopetukseen. Haastatellut opettajat kokivat yhtenä kehittämiskohteena kemian sovellusten ja soveltamisen osaamisen lisäämisen tarpeen koulutuksen sisältöihin. Kemian sovelluksilla noviisiopettajat tarkoittivat kemian opetuksessa käytävän teorian soveltamista esimerkiksi ympäristöön ja yhteiskuntaan sekä arkipäivän elämään.

”No mun mielest niinku, öö, no mun mielest niinku tol meiän koulutuksella saa kemiasta niinku puhtaasta kemiasta saa niinku hyvät lähtökohdat – suht hyvät. Eihän se, ne mitkä menee yli lukiotason ni menee sit yli hilseen, mut tota, osa kursseista, mut tota, öö, mut saa niinku sellasen, sen perus kemian taidot saa sieltä, mut sielt ei saa nimenomaan niit sovelluksia.” (Haastateltava 1)

4.2.2 Yliopisto-opetuksen ja ”koulumaailman” välinen kuilu ja opettajan arki

Noviisiopettaja 3 koki, että hän on joutunut opiskelemaan työelämässä tarvittavat asiat ja myös ainesisältöjä siirryttyään työelämään. Hänen kokemuksensa mukaan opettajankoulutus ei ole antanut hänelle riittävää osaamista, vaan hän on täydentänyt niitä valmistumisensa jälkeen. Toisaalta työelämään siirryttäessä opettajankoulutus on valmentanut myös elinikäisen oppimisen polulle.

"Olen opetellut kaiken alusta alkaen, kun olen alkanut opettamaan."
(Haastateltava 3)

"No ehkä se olis helpottanu enemmän sitä tietä jos olis niinku enempi tiennyt et mitä siel koulus tulee olee eli jos ois tiennyt et minkälainen on koulumaailma ni se ois voinu helpottaa sitä työelämään siirtymistä. Nyt se tuli vähä niinku kerta rysäyksenä. Et heitetään uimataidoton lapsi järveen ja katotaan et pysyyks se pinnalla." (Haastateltava 3)

Muut haastateltavat kokivat saaneensa kemian ainehallintaan osaamista ja hyödyllisiä työkaluja opetukseen. Haastatellut opettajat kokivat kemian korkeakouluopetuksen ja koulun kemian opetuksen välillä olevan liian suuri kuilu. Aineenopettajille suunnatut erilliset soveltavat kurssit koettiin lähempänä koulujen todellisuutta.

"Et mä mieluummin ottaisin sellasia aineenopettajille suunnattuja kursseja, jotka enemmän pureutuis siihe et ku mä opetan tätä hommaa ja niitä asioita, jotka tulee sit yläasteella ja lukiossa vastaan. Totta kai täytyy mennä vähän sen yli mitä tarvii opettaa, mut ei ehkä ihan niin paljoo tarvi mennä ku yliopistol täl hetkel mennään." (Haastateltava 2)

"No siihe vanhempien kanssa työskentelyyn, opettajayhteisössä työskentelyyn ja sit niihi käytännön, kirjatilaukset, tilaukset, materiaaleist vastaaminen ja kaikki semmonen." (Haastateltava 2)

4.2.3 Arviointi, kurinpito ja opetusmenetelmät

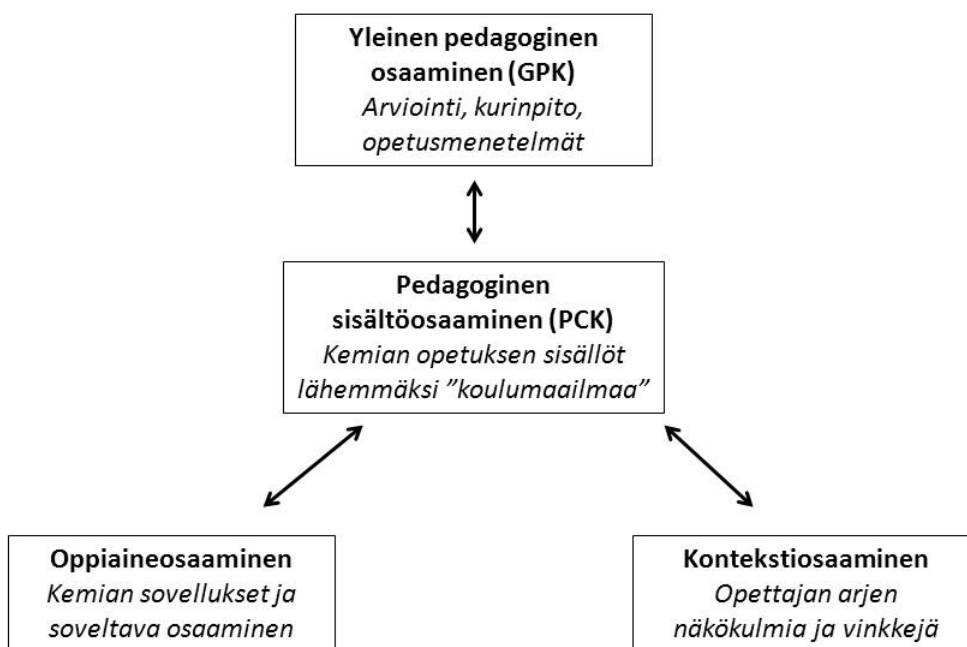
Noviisiopettajat toivoivat opettajankoulutusta kehitettäessä opetuksen sisältöihin enemmän arviointiin, kurinpitoon ja opetusmenetelmiin liittyviä elementtejä. Esimerkiksi pienryhmätyöskentelyn lisääminen yliopisto-opetukseen monipuolistaisi opetusmenetelmiä.

"No taas mä nostan sen arvioinnin yhtenä, koska jos meidän fokus on opettaa mahdollisimman hyvin ja kun se kuitenkin pitää arvioida se meidän opetus ni sitä jotenki jotenki et et miten sitä sitte niinku testataan ja miten se arvioidaan sitte se testi." (Haastateltava 1)

4.2.4 Opettajankoulutuksen kehittämiskohteet ja opettajan osaaminen

Edellä mainitut teemat voidaan luokitella myös opettajan osaamisen eri osa-alueiden mukaisesti. Opettajan osaaminen voidaan nähdä koostuvan useista eri osa-alueista, jotka on vaikea erotella selkeästi toisistaan sillä kaikki toimii yhtenä vuorovaikutusten kokonaisuutena (vrt. Grossman, 1990). Tulosten mukaan haastateltujen noviisiopettajien mukaan työelämän haasteiden ennaltaehkäisevästä näkökulmasta opettajankoulutuksen

kehittämiskohteita on eri opettajan osa-alueella (ks. kaavio 4). Eniten haasteita koetaan olevan yleisen pedagogisen osaamisen osa-alueella (GPK) eli opettajan arjen, kurinpidon, arvioinnin ja opetusmenetelmien osalta. Toisaalta osa kehittämiskohteista voidaan tulkita myös pedagogisen sisältöosaamisen ns. alakategoriaksi, toisaalta kyseiseen kategoriaan ei yksiselitteisesti muodostunut kehittämiskohteita opettajankoulutuksen ja työelämään siirtymisen näkökulmasta. Toisaalta esimerkiksi yliopisto-opetuksen ja koulumaailman välinen kuilu voidaan ajatella yhtenä kyseisen kategorian kehittämiskohtana. Kemian sovelluksen ja soveltava osaaminen voidaan tulkita oppiainesosaamisen kehittämiskohteeksi. Lisäksi ns. kontekstiosaamisen kehittämiskohteena toimii myös osin opettajan arjen näkökulmat. Toisaalta opettajan osaamisen koetaan kehittyvän jatkumona läpi työuran, elinikäisen oppimisen polkuna, eikä kaikkiin haasteisiin voida vastata opettajien peruskoulutuksella.



Kaavio 4. Kemian opettajankoulutuksen kehittämiskohteet työelämän haasteiden näkökulmasta yhdistettynä opettajan osaamisen rakentumiseen (vrt. Grossman, 1990).

5. Tutkimuksen luotettavuus

Tutkimus on laadullinen tapaustutkimus, jonka tutkimusmenetelmänä käytettiin teemahaastattelua. Tässä artikkelissa esitetty tutkimusosa on osa laajempaa tutkimusta. Kyseessä on pilottivaiheen tutkimus, jota tullaan laajentamaan. Jatkotutkimuksissa tullaan tarkentamaan laajemmin tutkimuksen tuloksia sekä luotettavuustarkastelua. Tutkimuksen otos on pieni, joten tulosten yleistettävyyttä laajemmin valtakunnallisella tai kansainvälisellä tasolla ei ole vielä mahdollista tämän tutkimuksen perusteella. Aiempien tutkimusten mukaan kvalitatiivisen tapaustutkimuksen aineiston koolla ei ole välitöntä

merkitystä tutkimuksen onnistumisen näkökulmasta (Eskola & Suoranta, 2001).

Haastatteluaineiston analysoinnissa on käytetty aineistolähtöistä sisällönanalyysin menetelmää. Tässä tutkimuksessa luotettavuustarkastelu keskittyy erityisesti tutkimusmenetelmään, haastatteluihin, tutkimusaineiston ja sekä sen käsittelyn sekä johtopäätösten pätevyyteen. Tutkija on pyrkinyt valitsemaan kyseiset menetelmät yleisten tutkimuksen tekemisen kriteerien perusteella. Kaikki tutkimusaineiston materiaalit ja vaiheet on dokumentoitu järjestelmällisesti ja sisällönanalyysissä on aineiston käsittelyn luokittelu toistettu. (vrt. Syrjä et al. 1994)

6. Johtopäätökset ja pohdinta

Suomen koulutusjärjestelmän rakenne eroaa merkittävästi verrattaessa sitä kansainvälisesti, jonka vuoksi aiempia tutkimuksia on melko vaikeaa yhdistää suoraan suomalaisen koulutusjärjestelmän tutkimukseen. Kyseessä on tapaustutkimus, joka myös rajaa kohderyhmänä tapauksen Helsingin yliopiston kemian aineenopettajakoulutukseen ja sen vastaavuuteen tutkimuskysymysten mukaisesti. Saatuja tutkimustuloksia voidaan hyödyntää kyseisen koulutusohjelman kehittämisessä sekä suunniteltaessa tai kehitettäessä vastaavia koulutusohjelmia muualla.

Noviisiopettajat kokevat saamansa peruskoulutuksen merkityksellisenä (ks. kaavio 1), mutta toivovat seitsemän teeman huomioitavan paremmin koulutuksessa (ks. kaavio 2). Opintojen merkitystä on usein melko vaikea kuvailla ensimmäisinä vuosina, sillä opintojen merkitys saattaa olla osin ns. piilevää. Yliopisto-opinnot ovat pieni osa elinikäisen oppimisen polkua eikä kaikkiin haasteisiin voida perusopinnoilla vastata (vrt. Niemi & Räihä, 2007). Jatkokoulutuksella, ns. vertaismentoroinnilla ja täydennyskoulutuksilla voidaan mahdollisesti vastata entistä paremmin opettajien haasteisiin myös tulevaisuudessa. Tässä tutkimuksessa ei ole tarkasteltu tarkemmin opettajan kokemuksen ja arvojen vaikutusta opettajan osaamisen haasteisiin. Tutkimuksen perusteella aiheeseen liittyvät jatkotutkimukset ja noviisiopettajien ideoiden kuuleminen ovat erittäin tarpeellisia.

Kuten aiemman tutkimuksen mukaan Jyväskylän yliopistossa, myös tässä artikkelissa käsiteltävän tutkimuksen mukaan opettajat kokivat saamansa koulutuksen merkitykselliseksi (vrt. Väliäari, 2009). Tämän tutkimuksen mukaan Helsingin yliopistosta valmistuneet opettajat kokivat koulutuksen merkittäväksi esimerkiksi pätevyytensä ja laadukkaan oman opetuksensa näkökulmasta. Aiempien tutkimusten mukaisesti myös tämän tutkimuksen mukaan opettajat kokevat perusopinnoissa käsiteltävän kokeellisuuden merkittäväksi osa-alueeksi opintoja (vrt. Väliäari, 2009). Merkittäväksi koettiin myös opintojen tavoitteellisuus, stressin sietokyvyn kehittyminen, kemian opetuksen soveltavat kurssit ja yleisesti työvälineet kouluopetukseen liittyen. Opetusharjoittelu koettiin hyödylliseksi ja merkittäväksi osaksi opettajan peruskoulutusta, joka vastaa aiempia kansainvälisiä tutkimustuloksia (vrt. Russell & Marin, 2009). Yhteensä koulutuksen merkittävyyteen liittyviä kategorioita muodostui kahdeksan kappaletta.

Opettajankoulutuksen kehittäminen paremmin työelämän tarpeita vastaavaksi koettiin tärkeäksi ja peruskoulutuksen kehityskohteiden kategorioita muodostui yhteensä kuusi.

Kehittämiskohteita koulutuksen sisältöön liittyen koettiin olevan kemian sovellusten, arvioinnin, opetusmenetelmien ja kurinpidon elementit (Vrt. Handolin et al. 2010; Välisaari, 2009). Lisäksi kehittämiskohteina olivat koulutuksen muokkaaminen entistä paremmin ns. lähemmäksi koulumaailmaa ja opettajan arkeen sekä erilaisia vinkkejä ja näkökulmia tulevasta työelämästä esiin tuoden (vrt. Välisaari, 2009).

Opettajien peruskoulutus on osa elinikäistä oppimisen polkua ja näin ollen kaikkea ei pystytä tai ole tavoitteiden mukaista opettaa ennen työelämään siirtymistä ja siksi esimerkiksi ns. kuilu yliopisto-opintojen ja työelämän välillä saattaa tuntua melko suurelta. Lisäksi opettajankoulutus kouluttaa tulevia opettajia kymmeniksi vuosiksi työelämään, jolloin tulevaisuuden osaamisen kehittämiseksi luodaan pohjaa. Opettajan osaamisen näkökulmasta erityisesti tulosten mukaan opettajankoulutus vastaa melko hyvin opettajan pedagogisen sisältöosaamisen (PCK) näkökulmasta haasteisiin, kun taas yleisen pedagogisen osaamisen (GPK), kontekstiosaamisen ja oppiainesisisältöosaamisen osaluissa haastatellut kokivat kehittämiskohteita. Tutkimuksen noviisiopettajat ovat saaneet ns. tutkivan opettajan koulutuksen, jonka kaikkia vaikutuksia on myös osittain melko vaikea hahmottaa itse. Moni koulutuksessa opittu soveltava osaaminen saattaa olla myös ns. piilevänä osaamisena. Jatkotutkimukset ovat tärkeitä ja merkittäviä opettajankoulutuksen kehittämisen kannalta myös uran eri vaiheiden osalta sekä laajemmalla kohderyhmällä.

Helsingin yliopistossa opettajankoulutusta on kehitetty myös viime vuosien aikana ja osaan tutkimuksessa esille nousseisiin asioihin on jo kiinnitetty erityistä huomiota tämän tutkimuksen kohderyhmän opettajaksi valmistumisen jälkeen. Opettajankoulutuksen systemaattinen kehittäminen on tärkeää. Kehittämällä opettajankoulutusta vastaamaan paremmin tämän hetken noviisiopettajien työelämän haasteisiin voidaan vaikuttaa ja vähentää tulevaisuuden noviisiopettajien haasteita (Bullough, 1989). Tällä voidaan mahdollisesti auttaa työelämään siirtymisvaiheen tuoman kuormittavuuden vähentämistä, parantaa työhyvinvointia ja työssä jaksamista sekä mahdollisesti lisätä alalla pysyvyyttä. Kyseiset aiheet ovat tärkeitä jatkotutkimuskohteita ja vaativat vielä laajempaa sekä yksityiskohtaisempaa tutkimista.

Lähteet

- Aksela, M. (2010). Evidence-based teacher education: becoming a lifelong research-oriented chemistry teacher? *Chemistry education research and practice*, 11, 84-91.
- Eskola, J. & Suoranta, J. (2001). *Johdatus laadulliseen tutkimukseen*. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy.
- Euroopan unionin komissio (2007). Improving the quality of teacher education. http://ec.europa.eu/education/com392_en.pdf, luettu 1.10.2011.
- Grossman, P. L. (1990). *The making of a teacher: teacher knowledge and teacher education*. New York: Teachers College Press.
- Handolin, H., Aksela, M. & Lavonen, J. (2010). Noviisiopettajien näkemyksiä työelämän haasteista. Teoksessa: Aksela, M., Pernaa, J. & Rukajärvi-Saarela, M. (toim.). *Tutkiva lähestymistapa kemian opetukseen: Valtakunnalliset kemian opetukset päivät*. Helsinki, Yliopistopaino.

- Helsingin yliopisto (2009). Helsingin yliopiston strategia 2010-2012. <https://notes.helsinki.fi/halvi/hallinto/>, luettu 12.7.2011.
- Hirsjärvi, S. & Hurme, H. (1988). *Teemahaastattelu*. Helsinki: Yliopistopaino.
- Krzywacki, H. (2009). *Becoming a teacher: emerging teacher identity in mathematics teacher education*. Helsinki: Yliopistopaino.
- Niemi, H. & Räihä, P. (2007). *Opettajankoulutus 2020*. Helsinki: Yliopistopaino.
- Russell, T. & Martin, A. K. (2008). Learning to Teach Science. Teoksessa Abell, S. K. & Lederman, N. G. (toim.). *Handbook of research on science education* (s. 1151-1178). New York, Routledge.
- Syrjälä, L., Ahonen, S. & Syrjäläinen, E. (1994). *Laadullisen tutkimuksen työtapoja*. Rauma: Kirjapaino West Point Oy.
- Tuomi, J. & Sarajärvi, A. (2002). *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi*. Jyväskylä, Gummerus Kirjapaino Oy.
- Ulvik, M., Smith, K. & Helleve, I. (2009). Novice in secondary school – the coin has two sides. *Teaching and teacher education*, 25, 835-842.
- Välisaari, J. (2009). Jyväskylän yliopiston kemian opettajankoulutuksen arviointi opiskelijapalautteen pohjalta. Teoksessa: Aksela, M. & Pernaa, J. (toim.). *Arkipäivän kemia, kokeellisuus ja työturvallisuus kemian opetuksessa perusopetuksesta korkeakouluihin*. Helsinki: Yliopistopaino.

Opettajien kokeellisten laboratoriotöiden valinnat

Päivi Tomperi & Maija Aksela

Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto

Kymmenen lukion kemian opettajaa valitsi yhden kokeellisen työohjeen ja perusteli, miksi se on hyvä. Laadullisen sisällöntutkimuksen keinoin etsimme vastausta seuraaviin tutkimuskysymyksiin: 1) Minkälaisia kokeellisia töitä lukion kemian opettajat valitsevat ja miksi ne ovat heidän mielestään hyviä töitä? 2) Minkälaista oppimista opettajien valitsemissa kokeellisissa töissä voi parhaimmillaan tapahtua, kun oppijat suorittavat ne ohjeiden mukaan? ja 3) Miten konstruktivismin mukainen näkemys oppijasta aktiivisena toimijana toteutuu lukion opettajien valitsemissa töissä? Lukion opettajat valitsevat kokeellisen työn kemian oppikirjasta ja se edustaa verifiointilaboratoriota, jossa opettaja antaa tutkimusaiheen, tutkimusmenetelmän ja oikean lopputuloksen tai keksintöperustaista oppimista, jossa oppija tulkitsee lopputuloksen. Parhaimmillaan oppijat saavat induktiivisesti tulkita itse tekemiään havaintoja yhteisöllisesti. Havaintojen tukemana tehtävä pohdinta voi harjoittaa korkeamman tason ajattelutaitoja. Työskentely on kuitenkin opettajakeskeistä ja opettaja voi oman toimintansa kautta opetustilanteessa myös säädellä työn vaativuutta; opettaja voi antaa vastauksen valmiina tai edellyttää oppijoiden neuvottelevan ne yhteisöllisesti. Kokeellisuus tukee vain teorian oppimista ja oppijoiden ajatellaan omaksuvan tietoa tutkimusmenetelmistä kokeellisuutta tehdessään implisiittisesti.

1. Johdanto

Lukion valtakunnallisen opetussuunnitelman perusteissa kokeellisuus kuuluu keskeisesti kemian opetukseen. Sen mukaan ”Kemian opetukselle on luonteenomaista kemiallisten ilmiöiden ja aineiden ominaisuuksien havaitseminen ja tutkiminen kokeellisesti, ilmiöiden tulkitseminen ja selittäminen mallien ja rakenteiden avulla, ilmiöiden kuvaaminen kemian merkkikielellä sekä ilmiöiden mallintaminen ja matemaattinen käsittely.” (Opetushallitus, 2003). Suurin osa opettajista käyttääkin kokeellisuutta opetuksessaan myös lukiossa, tosin monet opettajat teettävät kokeellisia töitä vain työkurssilla (Aksela & Juvonen, 1999). Nykyisen oppimiskäsityksen mukaan tietoa ei voi siirtää henkilöltä toiselle vaan se rakentuu yksilön aktiivisessa vuorovaikutuksessa ympäristönsä kanssa. Oppiminen nähdään tilannesidonnaisena eli kontekstuaalisena. Oppimisympäristöllä on tärkeä merkitys oppimisessa ja sitä muuttamalla saadaan aikaan erilaisia lopputuloksia. Suunnitellessaan opetusta opettaja luo oppimisympäristön, joka mahdollistaa tiettyjen asioiden omaksumisen oppijoissa ja toisaalta sulkee toisia asioita pois. Opettajien tekemät valinnat tuottavat erilaisten oppimisympäristöjen kautta menetelmiä, jotka edistävät tavoitteiden mukaan keskeisten oppimisen tavoitteiden saavuttamista: käsitteellistä ymmärtämistä, sisältötiedon mieleen palauttamista, tieteellisen päättelytaitojen ja korkeamman tason ajattelutaitojen ja tutkimustaitojen kehittymistä, myönteisten asenteiden syntymistä kemiaa kohtaan ja tieteen luonteen ymmärtämistä. (Domin, 1999)

Tilannesidonnaisen oppimisen teoria kuvaa erilaisia opetusmenetelmiä, joita kemian opettajat voivat toteuttaa kokeellisessa opetuksessa: mallintaminen (modelling), tukeminen (scaffolding), valmentaminen (coaching), tutkiminen (inquiry) ja reflektointi (ks. esim. Tynjälä, 1999). *Mallintamisessa* opettaja demonstroi ja oppilaat

havainnoivat, kuinka tehtävä suoritetaan. Opettaja ”ajattelee” ääneen eli kertoo vaihe vaiheelta, mitä tapahtuu ja kuinka hän ratkaisee tehtävän. Opettaja perustelee, miksi hän valitsee juuri tietyt välineet ja tietyn tavan toimia ja toisaalta hän voi esittää vaihtoehtoisia tapoja toimia. *Tukemisessa* opettaja auttaa erilaisin keinoin sitä, että oppilas näkee ilmiön siten kuin opettaja opetusta suunnitellessaan on tarkoittanut sen näkyvän. Auttamiskeinoja ovat esimerkiksi keskustelu opettajan kanssa, neuvot ja ohjeet tai tietokoneohjelmien hyväksikäyttäminen (simulointi, mallintaminen). *Valmentamisessa* opettaja seuraa ja tarkkailee oppilaiden toimintaa tehtävän parissa ja antaa tarvittaessa ohjeita, palautetta, uusia tehtäviä jne. niin, että oppilaiden toimintamalli kehittyy ja paranee esikuvanaan asiantuntijan, kemistin, toiminta. *Tutkimuksellinen* lähestymistapa pyrkii synnyttämään tutkivaa asennetta oppilaissa: Oppijat oppivat ongelmanratkaisuprosesseja ja muodostavat itse sellaisia tutkimuskysymyksiä, joihin on mahdollista etsiä ratkaisuja. Ongelmien ja kysymysten esittämistaitoa opetetaan erikseen, koska ne eivät synny itsestään. *Reflektiossa* oppilas tarkastelee kriittisesti omaa suoriutumistaan, toimintaprosessiaan ja arvioi sen onnistumista esimerkiksi työselostuksen osana.

Kontekstuaalinen tieto siirtyy tilanteesta toiseen abstraktin ajattelun kautta, joka on harjoittelua vaativa taito ihmisessä. Abstraktissa ajattelussa ihminen luo symbolisia mielikuvia eri tilanteista ja tekee operaatioita näillä symboleilla luoden yhteyksiä asioiden välille. (Bereiter, 1997) Aivot tukevat vaihtoehtoisten ratkaisujen ja toimintatapojen ajattelemista tunteiden avulla: Ihmisen ajatellessa, tehdessä päätöksiä tai toimiessa kehoon muodostuu emotionaalisia malleja kokemuksen myötä tiettyihin tilanteisiin liittyen. Ulkoisen maailman mielikuvat vuorovaikuttavat sisäisen maailman mielikuvien kanssa tunteiden välityksellä (Damasio, 1999). Oppimisessa ihminen on läsnä kokonaisvaltaisesti.

Yleensä kokeellinen työskentely lukion kemian tunneilla tehdään pareittain tai pienissä ryhmissä (Aksela & Juvonen, 1999). Kuinka opettaja voi huomioida yhteistoiminnan ja vuorovaikutuksen merkityksen kokeellisessa oppimisessa opetusta suunnitellessaan? Käsitteillä yhteisöllinen eli kollaboratiivinen ja yhteistoiminnallinen eli kooperatiivinen on erilainen merkitys oppimisprosessissa ja siten ne tuottavat erilaisen lopputuloksen. Yhteistoiminnallisessa oppimisessa ryhmän jäsenet jakavat annetun tehtävän osiin, ratkaisevat osatehtävät itsenäisesti ja lopussa kokoavat ne yhteen. Yhteisöllisessä oppimisessa kaikilla ryhmän jäsenillä on yhteinen tehtävä ja tavoite, jossa pyrkimyksenä on rakentaa yhteistä ymmärrystä neuvottelemalla vuorovaikutuksessa keskenään. (Dillenbourg, 1998)

Abrahams ja Millar (2008) loivat työkalun opettajalle kokeellisuuden suunnittelua varten. He jakoivat kokeellisen työn kahteen osaan: konkreettiseen osaan, johon kuuluvat havainnoitavat asiat, kuten objektit, materiaalit ja ilmiöt sekä ideoiden osaan. Myös konkreettista käsillä tekemistä tarkastellaan erillään oppimisesta. Työkalun avulla opettaja voi kartoittaa, kuinka tehokasta oppiminen on hänen suunnittelemassaan oppimistapahtumassa. Työskentelyn tehokkuus kuvaa sitä, kuinka lähellä opiskelijoiden tekeminen on sitä, mitä opettaja kokeellisuutta suunnitellessaan tarkoitti opiskelijoiden tekemän. Oppimisen tehokkuus puolestaan kuvaa sitä, kuinka hyvin opiskelijat todellisuudessa oppivat sitä, mitä opettaja tarkoitti heidän oppivan tehtävää suorittaessaan. Työkalu kohdistaa opettajan huomion siihen, kuinka suuri ero on usein sen välillä, mitä opiskelijat todellisuudessa oppivat ja mitä opettaja olettaa heidän oppivan kokeellisuuden avulla. Työkalu on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Työkalu kokeellisen työskentelyn suunnittelua varten (Abrahams & Millar, 2008).

Tehokkuus	Havaittavat asiat: objektit, materiaalit ja ilmiöt	Ideat
Tekeminen: Kokeellinen työ on tehokas, jos oppijat tekevät juuri sitä, mitä opettaja tarkoitti heidän tekevän.	Oppijat tekevät annetuilla materiaaleilla ja objekteilla, mitä opettaja tarkoitti heidän tekevän ja tuottavat opettajan tarkoittamaa tietoa.	Suorittaessaan tehtävää oppijat ajattelevat toimintaansa ja havaintojaan käyttäen niitä ideoita, joita opettaja tarkoitti heidän käyttävän.
Oppiminen: Oppiminen on tehokasta, jos se edistää oppijoiden oppimista siinä asiassa, jonka opettaja tarkoitti heidän oppivan.	Oppijat voivat myöhemmin palauttaa mieleensä, mitä he tekivät ja havaitsivat tehtävää suorittaessaan ja keräämässä tiedon pääpiirteissään.	Oppijat voivat myöhemmin osoittaa ymmärtäneensä ne ideat, jotka tehtävän suorittamisen oli suunniteltu heitä auttavan oppimaan.

2. Kokeellisuuden luokitteleminen

2.1 Kokeellisuuden luokittelu sen mukaan, minkälaista oppimista ne tuottavat

Kokeellista toimintaa kemian opetuksessa voidaan toteuttaa eri tavoin. Käytännössä voidaan erottaa neljä erityyppistä toimintatapaa, joiden on todettu tuottavan erilaista oppimista: Todentava eli verifioiva (Verification), tutkimuksellinen (Inquiry), keksintöperustainen (Discovery) ja ongelmaperustainen (Problem-based) oppiminen (Taulukko 2). Toimintatavat eroavat toisistaan lopputuloksen, lähestymistavan ja toimintatavan perusteella. Todentavassa oppimisessä sekä opettaja että oppilas tietävät yleensä etukäteen, mikä on kokeellisen työn tavoiteltava lopputulos, kun taas keksintöperustaisessa ja ongelmaperusteisessa oppimisessä vain opettaja tietää lopputuloksen. Tutkimuksellisessa oppimisessä lopputulos voi olla opettajallekin uusi asia riippuen tehtävän avoimuudesta. Deduktiivisessa lähestymistavassa oppijat soveltavat yleistä periaatetta tai lakia ymmärtääkseen jonkun tietyn ilmiön ja induktiivisessa lähestymistavassa havainnoidaan jotain erityistä ilmiötä, jonka perusteella laaditaan yleinen periaate. Toimintatapa on yleensä tutkimusmenetelmä, jolla hankitaan tietoa annetun tehtävän ratkaisemiseksi. (Domin, 1999) Tutkimuksen avulla on pyritty selvittämään, mikä eri toimintatavoista on tehokkain ja paras tapa opettaa, mutta mitään yksimielisyyttä asiasta ei ole vielä saavutettu. Kriittisimmin nykyisin suhtaudutaan perinteiseen todentavaan kokeellisuuteen, jonka ei katsota tuottavan oppijoissa mielekästä oppimista eikä edistävän sellaisia taitoja, joita nyky-yhteiskunnassamme tarvitaan. (esimerkiksi Domin, 1999; Hofstein & Lunetta, 1982, 2004; Blanchard & al. 2010)

Taulukko 2. Erityyppistä oppimista tuottavat lähestymistavat kemian opetuksessa ominaispiirteineen (Domin, 1999).

Lähestymistapa	Lopputulos	Lähestymistapa	Toimintatapa
Todentava oppiminen	Tiedetään etukäteen	Deduktiivinen	Annetaan valmiina
Tutkimuksellinen oppiminen	Ei tiedetä ennakkoon (avoin tehtävä)	Induktiivinen	Oppija tuottaa
Keksintöperustainen oppiminen	Opettaja tietää etukäteen, oppilaat eivät	Induktiivinen	Annetaan valmiina
Ongelmaperustainen oppiminen (PBL)	Opettaja tietää etukäteen, oppilaat eivät	Deduktiivinen	Oppija tuottaa

2.2 Kokeellisuuden luokittelu sen perusteella, kuka on vastuussa toiminnasta

Toisen luokittelun mukaan (Taulukko 3) kokeellinen työskentely on jaettu kolmeen eri osatoimintaan: tutkimuskysymyksen tekemiseen, tiedon keräämiseen ja tulosten tulkitsemiseen. Kokeellisen työskentelyn vaativuusaste määräytyy sen perusteella, kumpi on vastuussa toiminnoista, oppilas (tai oppilasryhmä) vai opettaja. Vähiten vaativinta tasoa kokeellisuudessa edustaa lähestymistapa, jossa opettaja antaa tutkimusaiheen, tutkimusmenetelmät ja tulkitsee tulokset yleensä sen perusteella, onko vastaus oikein vai väärin. Vaativimmalla tasolla oppijat ovat itse vastuussa kaikista kolmesta osatoiminnasta. Työskentelyn vaikeusaste siis kasvaa oppilaiden vastuun mukana. Samalla myös siirrytään opettajakeskeisestä oppijakeskeiseen työskentelyyn. Se, minkä tasoista kokeellisuutta opettaja valitsee toteutettavaksi, riippuu opiskeltavista sisällöistä, oppilaiden taidoista ja kehitystasosta sekä koulussa käytettävissä olevista välineistä ja aineista.

Taulukko 3. Tutkimuksellisen toiminnan luokittelu sen perusteella, kuka on vastuussa osatoiminnasta (Abrams et al. 2007).

Kokeellisuus	Tutkimuskysymys	Tutkimusmenetelmä	Tulosten tulkitseminen
Taso 0: Verifiointi	Opettaja antaa	Opettaja antaa	Opettaja
Taso 1: Strukturoitu	Opettaja antaa	Opettaja antaa	Oppija
Taso 2: Ohjattu	Opettaja antaa	Oppija valitsee	Oppija
Taso 3: Avoin	Oppija valitsee	Oppija valitsee	Oppija

3. Tutkimuskysymykset ja tutkimusmenetelmä

Olemme aikaisemmin tutkineet lukion ensimmäisen, kaikille pakollisen kurssin ”Ihmisen ja elinympäristön kemia” oppikirjojen laboratoriotöitä. Sen perusteella oli tiedossa, että suuri osa oppikirjojen kokeellisista töistä edustaa verifointilaboratoriota. (Tomperi & Aksela, 2009) Oppikirjojen kokeellisissa töissä on kuitenkin monia eri vaihtoehtoja valittavana ja enemmän töitä kuin mitä kurssilla ehditään tehdä. Meitä kiinnostaa, minkälaisia kokeellisia töitä opettajat valitsevat. Käyttävätkö he kurssikirjan töitä vai suunnittelevatko he ne itse? Lukion kemian opettajille suunnatulla täydennyskoulutuskurssilla pyydettiin ennakotehtävänä opettajan oman kokeellisen suosikkityön ohje siinä muodossa kuin opiskelijat saavat sen suoritettavakseen. Lisäksi opettajia pyydettiin perustelemaan, miksi kyseinen työ on heidän mielestään hyvä. Vastauksia saimme kymmeneltä opettajalta. Työohjeet perusteluineen arvioitiin laadullisesti teorialähtöisen sisällöntutkimuksen keinoin testaten aikaisempia teorioita uudessa kontekstissa (Tuomi & Sarajarvi, 2004) ja pyrkien vastaamaan seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

1. Minkälaisia kokeellisia töitä lukion kemian opettajat valitsevat ja miksi ne ovat heidän mielestään hyviä töitä?
2. Minkälaista oppimista opettajien valitsemissa kokeellisissa töissä voi parhaimmillaan tapahtua, kun oppijat suorittavat ne ohjeiden mukaan?
3. Miten konstruktivismin mukainen näkemys oppijasta aktiivisena toimijana toteutuu lukion opettajien valitsemissa töissä?

Työohjeiden sisällönanalyyssissä tarkastelimme neljää asiaa (Taulukko 4): Lähestymistapaa oppimiseen (Taulukko 2) ja tutkimuksellisuuden tasoa (Taulukko 3), minkälaista yhteistyötä työ edellyttää oppijoilta (kooperatiivinen / kollaboratiivinen) ja voiko työn suorittaminen kehittää oppijoissa korkeamman tason ajattelutaitoja. Täydennyskoulutuksen yhteydessä käydyissä keskusteluissa ilmeni, että opettajat teettävät kokeellisia työt joko pareittain tai pienissä ryhmissä kemian kurssin osallistujamäärästä riippuen.

3.1 Sisällönanalyysin luotettavuus

Validiteetilla eli tutkimuksen pätevyydellä ja luotettavuudella tarkoitetaan perinteisesti tutkimusmenetelmän kykyä selvittää sitä, mitä sillä on tarkoitus selvittää. Laadullisen tutkimuksen luotettavuusarvioinnissa arvioinnin kohteena on kokonaiskuva tai uusi teoria tai malli, joka on tutkimuksen tuloksena. Tulkinnallisessa lähestymistavassa tutkijalla on jokin esiymmärrys, jonka tuomalla esille lukija tulee tietoiseksi tutkijan taustanäkemyksistä. Alussa olevat käsitykset ja oletukset ohjaavat tutkijaa, mutta ne voivat muuttua analyysin myötä. (Eskola & Suoranta, 2003)

Tutkimuksen luotettavuutta lisää erilaisten aineistojen, teorioiden ja menetelmien käyttö samassa tutkimuksessa eli triangulaatio (Eskola & Suoranta, 2003). Tässä tutkimuksessa on käytetty teoriatriangulaatiota, jossa tutkimusaineistoa tutkitaan käyttäen eri teorioita (Taulukot 2, 3 ja 6) sekä tutkijatriangulaatiota, jossa ilmiötä tutkii kaksi tutkijaa. Cohenin kappa mittaa yhtäpitävyyttä kahden tutkijan välillä. Kappa-arvojen merkitsevyyttä kuvataan yleensä Kochin ja Landisin asteikolla (Koch & Landis, 1977). Tässä tutkimuksessa se oli 0,95 eli erittäin hyvä yhtäpitävyys.

Esimerkkinä sisällönanalyysin eteneminen orgaanisen hapon rakenteen tutkimuksessa (Työ 6): Oppijoille annetaan tuntematon happonäyte, jonka he selvittävät tutkimalla sen rakennetta. He testaavat aromaattisuuden, kaksoissidokset ja fenoliryhmän sekä titraamalla määrittävät molekyylikaavan. Suhdekaavan he laskevat annetun prosenttisen koostumuksen perusteella. Lopuksi oppijoiden pitää päätellä oikea rakennekaava ja nimetä se. Johdannossa kerrotaan työn eri vaiheet eikä oppijoiden tarvitse kuin seurata ohjetta. Kaksoissidostestin ja rautakloriditestin suoritusta ei ole ohjeistettu vaan oppijat joutuvat itse selvittämään, minkälainen testi on kyseessä. Muuten työvaiheet on esitetty yksityiskohtaisesti. Rakenne selviää kokeilemalla. Kyseessä on lähinnä keksintöperustainen oppiminen, jossa toimintatapa annetaan valmiina ja opettaja tietää oikean vastauksen etukäteen. Oppijat lähestyvät induktiivisesti päättelämällä kohti oikeaa hapon rakennekaavaa. Tutkimuksellisuuden taso on yksi eli tulkitsemisvastuu on oppijoilla. Työohjeen seuraaminen voi tapahtua kahdella tavalla: Oppijat voivat edetä yhdessä koe kokeelta (kollaboratiivinen) tai jakaa yksittäiset kokeet keskenään ja koota tulokset lopussa yhteen (kooperatiivinen). Korkeamman tason ajattelutaitoja harjoitellaan esimerkiksi laskemalla prosenttinen koostumus ja moolimassa, tutkimalla fenolinen hydroksyyli-ryhmä ja kaksoissidokset (soveltaminen), tekemällä ehdotuksia mahdollisista rakennekaavoista tutkimustulosten perusteella (analyysi) ja yhdistämällä saatua tietoa oikean rakennekaavan saamiseksi selville (synteesi).

4. Tutkimustulokset

Kemian opettajien valinnat lähteineen ja yhteenveto tuloksista on koottu Taulukkoon 4. Seitsemässä työssä kymmenestä on lähteenä lukion kurssikirja. Niistä kolmeen työohjeeseen on vielä tehty oppijoille jaettava työskentelyä helpottava lisämateriaali.

Taulukko 4. Yhteenveto opettajien valitsemien töiden laadullisesta sisällönanalyysistä.

Opettajan valinta	Minkälainen lähestymistapa oppimiseen?	Tutkimuksellisuuden taso	Kooperatiivinen/ Kollaboratiivinen/ Molemmat	Bloomin taksonomian tasot
1. Seoksen erotusmenetelmiä – seoksen massapro-senttinen koostumus (Mooli 1 + lisämateriaali)	Todentava oppiminen	0	Kollaboratiivinen	Mieleen palauttaminen
2. Kemiaallisia reaktioita	Todentava oppiminen	1	Kollaboratiivinen	Mieleen palauttaminen Ymmärtäminen
3. Heikon hapon happovakion arvon määrittäminen	Todentava oppiminen	0	Kollaboratiivinen	Mieleen palauttaminen Ymmärtäminen
4. Samanlainen liuottaa samanlaista (Mooli 2)	Keksintö-perustainen oppiminen	1	Kollaboratiivinen	Mieleen palauttaminen Ymmärtäminen Soveltaminen
5. Elektrolyysi (Reaktio 4)	Keksintö-perustainen oppiminen	1	Kollaboratiivinen	Mieleen palauttaminen Ymmärtäminen Soveltaminen Analysoiminen
6. Orgaanisen hapon rakenteen tutkiminen (Mooli 2)	Keksintö-perustainen oppiminen	1	Molemmat	Mieleen palauttaminen Ymmärtäminen Soveltaminen Analysoiminen Syntetisoiminen
7. Tutkimus reaktionopeuteen vaikuttavista tekijöistä (sovellus Mooli 3 ohjeesta)	Keksintö-perustainen oppiminen	1	Molemmat	Mieleen palauttaminen Ymmärtäminen Soveltaminen Analysoiminen
8. Seoksen erotusmenetelmiä – seoksen massapro-senttinen koostumus (Mooli 1 + lisämateriaali)	Todentava oppiminen	0	Kollaboratiivinen	Mieleen palauttaminen
9. Popcornin halkeamis-paineen määrittäminen (Mooli 3)	Todentava oppiminen	0	Kollaboratiivinen	Mieleen palauttaminen Ymmärtäminen Soveltaminen Analysoiminen
10. Liuoksen valmistaminen	Todentava oppiminen	0	Molemmat	Mieleen palauttaminen Ymmärtäminen Soveltaminen

Kemian opetus tänään –kyselytutkimus on selvittänyt jo aikaisemmin, minkälainen on hyvä kokeellinen työ kemian opettajien mielestä. Taulukkoon 5 on koottuna tärkeimmät perustelut suosituimmuusjärjestyksessä. (Aksela & Juvonen, 1999) Taulukkoon on koottu myös tähän tutkimukseen osallistuneiden kemian opettajien valintojen 1 – 10 perusteluissa esiintyneet vastaavat ajatukset hyvän kokeellisen työn ominaisuuksista. Sen mukaan hyvä kokeellinen työ lukiossa on sellainen, että se tukee teorian oppimista, on selkeä ja siinä tulokset ovat helposti havaittavia, on yksinkertainen, helppo ja turvallinen toteuttaa sekä onnistuu aina. Kukaan opettajista ei kuvannut hyvää kokeellista työtä avoimeksi tai oppijoita motivoivaksi.

Taulukko 5. Hyvän kokeellisen työn ominaisuuksia suosituimmuusjärjestyksessä (Aksela & Juvonen, 1999).

Perustelu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Yhteensä
Tukee teorian oppimista.	x			x				x			3
Selkeä ja tulos selvästi nähtävissä.				x	x		x				3
Motivoiva.											0
Yksinkertainen, helppo ja turvallinen toteuttaa.					x		x		x		3
Onnistuu aina.		x				x			x		3
Nopea tehdä.							x		x		2
Aihe arkielämästä tai oppilaan oma.									x		1
Avoin tehtävä.											0
Työ kehittää oppilasta monipuolisesti.						x					1

Neljässä opettajan valitsemassa työssä lähestymistapa oppimiseen on lähinnä keksintöperustaista: Keksintöperustaisessa lähestymistavassa oppijat ohjataan induktiivisesti ”keksimään” opetuksen tavoitteena oleva asia tai ilmiö ominaispiirteineen ja siten ymmärtämään sitä paremmin (Domin, 1999). Keksintöperustaisissa töissä tutkimuksellisen toiminnan aste on 1 eli opettaja antaa tutkimuskysymyksen ja toimintatavan, mutta oppijat ovat vastuussa tulkinnasta. Kuusi valintaa edustaa perinteistä verifiointilaboratoriota, joista viidessä tutkimuksellisen toiminnan aste on nolla eli niitä ei luonnehdita tutkimukselliseksi lainkaan. Poikkeuksena on työ 2, joka sisältää seitsemän erilaista osoitusreaktiota. Tulosten tulkinta on periaatteessa jätetty oppijalle, mutta työohjeen tehtävien muotoilun perusteella oppijoilta edellytetään vain sen havainnointia, mitä kokeissa tapahtuu, ei niiden selittämistä.

Bloomin taksonomia kuvaa, mitä tiedollisia tavoitteita oppimiselle voidaan asettaa (Taulukko 6). Siinä ajattelutaidot jaetaan kahteen tasoon: Tasoja 1 ja 2 pidetään alemman tasoisina perustaitoina, joita tarvitaan aina ylemmillä tasoilla 3-6, joita kutsutaan korkeamman tason ajattelutaidoiksi. (Bloom & al., 1956) Opettajien valitsemien töiden analyysissä tutkittiin, mitä kognitiivisia ajattelutaitoja työt voivat kehittää oppijoissa

parhaimmillaan. Kuudessa työstä kymmenestä oppijat voivat harjoitella myös korkeamman tason ajattelutaitoja eli soveltamista, analysoimista ja synteesin tekemistä.

Taulukko 6. Bloomin taksonomia (Bloom et al. 1956).

Taso	Nimi	Kognitiivinen ajattelutaito
1	Mieleen palauttaminen (Knowledge)	Taito palauttaa mieleen aikaisemmin opittua tietoa.
2	Ymmärtäminen (Comprehension)	Taito ymmärtää ja tulkita mitä on oppinut.
3	Soveltaminen (Application)	Taito käyttää opittua tietoa oikeassa yhteydessä.
4	Analysoiminen (Analysis)	Taito pilkkoa tietoa pienempiin osiin ja nähdä niiden väliset suhteet.
5	Syntetisoiminen (Synthesis)	Taito luoda uutta tietoa jo olemassa olevasta tiedosta johtamalla ja yhdistämällä.
6	Arvioiminen (Evaluation)	Taito nähdä ajatusten ja ratkaisujen merkityksiä.

Suurin osa töistä on suunniteltu toteutettavaksi yhteisöllisesti. Yhteisöllisessä oppimisessa muodostuu tilanne, jossa oppijoiden välillä voi olettaa tapahtuvan oppismekanismia käynnistävää vuorovaikutusta (Tynjälä, 1999). Se voi tarkoittaa parhaimmillaan yhdessä pohtimista ja ongelmien analysointia ja siten tuottaa sosiokonstruktivismin mukaista yhteisesti jaettuja merkityksiä opittavasta aiheesta. Yhteistoiminnallinen ryhmätyö voi hajottaa työn suorituksen osiin, joista oppijoiden on vaikea luoda itselleen kokonaiskuvaa, jolloin keskustelun tasokaan ryhmässä ei välttämättä nouse korkeaksi. Oppilas voi kokea, ettei hänen edes tarvitse ymmärtää sitä osaa työstä, joka on toisen oppilaan vastuulla.

5. Yhteenveto

Kokeelliset työt tulisi suunnitella niin, että ne stimuloivat havaintojen ja ideoiden välistä vuoropuhelua kokeellisen toiminnan *aikana*. Tällöin kokeellinen työ on tehokasta tekemisen tasolla (Taulukko 1). (Abrahams & Millar, 2008) Lukion kemian oppikirjoissa työt on usein suunniteltu niin, että mekaanisen työskentelyvaiheen jälkeen työn lopuksi vastataan kirjan tekijän laatimiin kysymyksiin, joiden tarkoitus on auttaa oppijoita näkemään yhteyksiä havaintojen ja ideoiden välillä *jälkikäteen* (Tomperi & Aksela, 2009). Tällainen rakenne on kahdessa valinnassa (työt 4 ja 9), mikä vähentää niiden vaikuttavuutta oppimistapahtumana. (Abrahams & Millar, 2008) Suurin osa opettajien valitsemista töistä on luonteeltaan yhteisöllistä, jolloin oppijat tekevät yhdessä samaa työvaihetta. Siten heidän voi myös olettaa keskustelevan yhdessä havainnoista ja tulkinnoista, jolloin opettajankin on helppo osallistua ohjaavaan keskusteluun silloin, kun apua tarvitaan.

Opettajien on todettu tekevän ajattelussaan ja opetuksen suunnittelussaan eron

teoreettisen tiedon ja menetelmätiedon välille siten, että he opettavat teoriaa suoraan mutta menetelmätietoa epäsuorasti. Opettajat olettavat, että tekemällä kokeellisia töitä oppijat tuottavat epäsuorasti hiljaista tietoa siitä, mitä tarkoittaa tieteellisen tutkimuksen suunnitteleminen ja toteuttaminen (Abrahams & Millar, 2008). Sama näkyy opettajien valinnoissa: Suorittaessaan niitä oppijoiden ei tarvitse kiinnittää huomiota toimintatapaan. Työvaiheet on kuvattu niin aukottomasti, että niissä ei ole tilaa oppijan omalle ajattelulle, kuten esimerkiksi ”Miksi valitsen juuri tämän välineen?” tai ”Miksi toimenpiteet tehdään juuri tässä järjestyksessä?”. Valintojen joukossa ei ollut myöskään yhtään kokeellista työtä, jossa oppijat olisivat itse valinneet tutkimusaiheen ja tutkimusmenetelmän eli harjoitelleet tutkimuksen suunnitteleminen ja toteuttamista. Tämä viittaa myös siihen, että opettajat ajattelevat kokeellisten työskentelytaitojen kehittyvän implisiittisesti seuraamalla työohjetta ilman että siinä prosessissa tarvitsee erikseen kysymyksiä tai tehtävien avulla tehdä työvaiheita näkyväksi. Myös syventävien kurssien työohjeissa tutkimusmenetelmät ohjeistetaan niin, ettei oppijan tarvitse kerrata mitään: titraustyön suoritus annetaan joka kerta yksityiskohtaisesti uudestaan (työt 3 ja 6) eikä oppijan tarvitse itse valita sopivaa indikaattoria (työ 5). Taulukkokirjasta löytyvät tiedot annetaan työohjeen yhteydessä valmiina eikä niiden etsiminen ja löytäminen kuulu harjoiteltaviin taitoihin (työ 5).

Parhaimmillaan oppijoille annetaan vastuuta vasta tulosten tulkitsemisvaiheessa. Neljällä opettajalla on lähinnä keksintöperustainen eli induktiivinen oppimiskäsitys. Heidän valitsemansa työohjeet eivät kuitenkaan kaikki selkeästi edusta keksintöperustaista oppimista, vaan keksintöperustaisen ja verifioivan sekoitusta: Oppijoille on annettu tilaa tulkita tuloksia, mutta silti ohjeissa myös kerrotaan, mitä pitäisi havaita (työt 4 ja 7). Keksintöperustaisissa töissä tehtäviä oli usein laadittu kysymyksen muotoon, kun taas verifioivissa työohjeissa oppijoille ei esitetty yhtään kysymystä. Kolmen opettajan mielestä kokeellisuus kemian opetuksessa tukee teorian oppimista (Taulukko 5). Kokeellinen työskentely ei kuitenkaan johda implisiittisesti teorian oppimiseen vaan oppijoita pitää tukea näkemään ilmiöt samalla tavalla kuin opettaja ne näkee (Abrahams & Millar, 2008).

Yhteenvedo opettajien valinnoista: hyvä työ on ohjeistukseltaan selkeä ja yksityiskohtainen. Oppijaa ohjataan työskentelemään yhteisöllisesti pareittain tai pienissä ryhmissä, joissa usein havainnoidaan. Työssä on useita pieniä vaiheita, jotka etenevät johdonmukaisesti. Työskentelyn lopussa oikea vastaus selviää joko laskemalla kvantitatiivisesti tai havaintojen perusteella johtopäätöksiä tekemällä. Havaintojen tukemana tehtävä pohdinta voi harjoittaa korkeamman tason ajattelutaitoja. Työskentely on kuitenkin opettajakeskeistä ja opettaja voi oman toimintansa kautta opetustilanteessa myös säädellä työn vaativuutta. Tämä on hyvä asia, jos opettaja haluaa eriyttää opetusta erilaisten ryhmien kesken luokassa. Vaativimmassa tapauksessa lopputulos voi syntyä oppijoiden keskinäisen neuvottelun tuloksena yhteisöllisesti. Tilannesidonnaisen oppimisen teorian mukaan opettaja voi soveltaa esimerkiksi tukemisen tai valmentamisen menetelmiä ja siten ohjata oppijoita oikeaan suuntaan. Helpoimmassa tapauksessa opettaja antaa oikeat vastaukset valmiina; mitä olisi pitänyt ensin havaita ja sitten tulkita havaintojen perusteella.

Opettajan uskomus siitä, kuinka oppijat oppivat, vaikuttaa opetuksen suunnitteluun ja toteutukseen (esim. Bryan & Abell, 1999). Tutkijat havaitsivat, että opettajien oppimiskäsityksessä voi olla ristiriita aikaisemman oppimiskäsityksen mukaisen

tiedonsiirtäjä-opettajan ja nykyisen oppimiskäsityksen mukaisen oppimisen ohjaajan välillä (ibid.). Opettaja voi esimerkiksi nähdä oppijan aktiivisena tiedon rakentajana, kun hän tekee kokeellista työtä siitä huolimatta, että oppija pelkästään seuraa työohjetta. Toisaalta, jos opettajalla ei ole kokemuksia luonnontieteellisestä tutkimustyöstä, hänen on vaikea myös toteuttaa tutkimuksellista lähestymistapaa opetuksessaan (Roth & al., 1998). Samalla opettaja viestittää oman toimintansa kautta epäsuorasti oppijoille virheellisen kuvan tieteen luonteesta. Opettajien koulutuksessa tutkimustyön tekemisen kokemattomuus tulisi ottaa huomioon. Opettajat tarvitsevat apua kokeellisten töiden arvioimisessa laadullisesti: minkälaisia taitoja työn suorittaminen edellyttää oppijalta ja minkälaista oppimista työ parhaillaan voi edistää oppijoissa. Työn vaativuuden, tai helppouden, ymmärtäminen tekee mahdolliseksi sen, että opettaja voi opetusta suunnitellessaan muuttaa työohjetta sellaiseksi, että se täyttää ne oppimisen kriteerit, jotka hän, tai oppija itse, sille asettaa.

Kiitokset

Magnus Ehrnroothin säätiölle tutkimusapurahasta (Päivi Tomperi). FT Maija Kiviahteelle rinnakkaisanalyysin laatimisesta Taulukkoon 4.

Lähteet

- Abrahams, I. & Millar, R. (2008). Does Practical Work Really Work? A Study of the Effectiveness of Practical Work as a Teaching and Learning Method in School Science. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1945-1969.
- Aksela, M. & Juvonen, R. (1999). *Kemian opetus tänään*. Opetushallitus.
- Bereiter, C. (1997). Situated cognition and how to overcome it. In D. Kirshner & J. A. Whitson (Eds.), *Situated cognition: Social, semiotic, and psychological perspectives* (pp. 281-300). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Blanchard, M.R., Southerland, S.A., Osbourne, J.W., Sampson, W.D., Annetta, L.A. & Granger, E.M. (2010). Is Inquiry Possible in Light of Accountability? A Quantitative Comparison of the Relative Effectiveness of Guided Inquiry and Verification Laboratory Instruction. *Science Education* 94, 577-616.
- Bloom, B.S. (Ed.), Engelhart, M.D., Furst, E.J., Hill, W.H. & Kraftwohl, D.R. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives: Handbook I: Cognitive Domain*. New York, David McKay.
- Bryan, L.K. & Abell, S.K. (1999). Development of Professional Knowledge in Learning to Teach Elementary Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(2), 121-139.
- Damasio, A. (1999). *The Feeling of What Happens: Body, Emotion and the Making of Consciousness*. Heinemann: London.
- Dillenbourg, P. (1999). What Do You Mean by Collaborative Learning? In P. Dillenbourg (Ed.) *Collaborative Learning: Coognitive and Computational Approaches* (pp. 1-19) Oxford: Elsevier.
- Domin, D.S. (1999). A Review of Laboratory Instruction Styles. *Journal of Chemical*

- Education*, 76(4), 543-547.
- Eskola, J. & Suoranta, J. (2003) Johdatus laadulliseen tutkimukseen. Jyväskylä: Vastapaino.
- Hofstein, A. & Lunetta, V.N.(1982). The Role of the Laboratory in Science Teaching: Neglected Aspects of Research. *Review of Educational Research*, 52(2), 201-217.
- Hofstein, A. & Lunetta, V.N.(2004). The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century. *Science Education*, 88, 28-54.
- Koch, G.G. & Landis, J.R. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33, 159-174.
- Lukion opetussuunnitelman perusteet (2003). Opetushallitus. Painatuskeskus. Helsinki.
- Lehtiniemi, K. & Turpeenoja, L. (2006) Mooli 1, Lukion kemia KE1, *Ihmisen ja elinympäristön kemia*, Otava.
- Lehtiniemi, K. & Turpeenoja, L. (2005) Mooli 2, Lukion kemia KE2, *Kemian mikromaailma*, Otava.
- Lehtiniemi, K. & Turpeenoja, L. (2005) Mooli 3, Lukion kemia KE3, *Reaktiot ja energia*, Otava.
- Kaila, L., Meriläinen, P., Ojala, P. & Pihko, P. (2006) Reaktio 4, Lukion kemia, *Metallit ja materiaalit*, Tammi.
- Roth, W.-M., McGinn, M.K. & Bowen, G.M.(1998). How Prepared Are Preservice Teachers to Teach Scientific Inquiry? Levels of Performance in Scientific Representation Practices. *Journal of Science Teacher Education*, 9(1) 25-48.
- Tomperi, P. & Aksela, M. (2009). Lukion kemian pakollisen kurssin oppikirjojen laboratoriotöiden analysointi käyttäen SOLO taksonomiaa. Kirjassa M. Aksela & J. Pernaa (Toim.) Kemian opetuksen päivät 2009: Arkipäivän kemia, kokeellisuus ja työturvallisuus kemian opetuksessa perusopetuksesta korkeakouluihin. IV Valtakunnallisten kemian opetuksen päivien symposiumikirja.
- Tuomi, J. & Sarajarvi, A. (2004) *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi*. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Tynjälä, P. (1999). *Oppiminen tiedon rakentamisena. Konstruktivistisen oppimiskäsityksen perusteita*. Tammi.

Elinkaariajattelu ja tutkimuksellinen opiskelu kemian opetuksessa

Marianne Juntunen & Maija Aksela

Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto

Tämän kehittämistutkimuksen tavoitteena on edistää tutkimuksellista kemian ympäristöarvokasvatusta. Pyrkimyksenä on parantaa oppilaiden ympäristötietoisuutta, -asenteita ja kuvaa luonnontieteiden roolista ympäristöongelmia ratkaisevina tieteinä. Tutkimuksen ongelma-analyysissä selvitettiin, millaisia haasteita on ympäristöaiheisen kemian opetuksen kehittämisessä. Empiirisesti tarkasteltiin, minkälaisia tutkimuksellisen opiskelun opetusmalleja täydennyskoulutukseen osallistuneet kemian opettajat kehittävät elinkaariajatteluun liittyen. Ympäristöaiheisen kemian kouluopetuksen kehittämisessä on useita haasteita: Ympäristö- ja elinkaariaiheet ovat painokkaasti esillä peruskoulun ja lukion opetussuunnitelmissa, mutta niiden käsittely kemian oppikirjasarjoissa on kapea-alaista. Oppikirjoissa ei ole tutkimukselliseen opiskeluun kannustavia, oppilaan kysymyksistä liikkeelle lähteviä elinkaariaiheisiä tehtäviä. Vastauksena haasteisiin, järjestettiin uutta elinkaariaiheisiin, vihreään kemiaan ja tutkimukselliseen kemian opiskeluun liittyvää kemian opettajien täydennyskoulutusta. Pilottikurssilla kehitettiin yhteisöllisesti opettajien kanssa oppilaan omia kiinnostuksen kohteita ja elinkaariajattelua tukeva kemian opetusmalli. Uudella lähestymistavalla pyritään havainnollistamaan, kuinka kemian tiedoilla ja niihin liittyvillä omilla arkeisilla valinnoilla voidaan vaikuttaa ympäristön tilaan. Kemian ja ympäristönsuojelun yhteyttä havainnollistamalla tavoitteena on herättää oppilaassa sisäinen motivaatio opiskella kemiaa.

1. Johdanto

Tuotteen tai toiminnon ympäristövaikutuksia pohtiva elinkaariajattelu on kemian näkökulmasta katsottuna vihreää kemiaa ja insinööritaitoja. Sen avulla voidaan käytännön esimerkein havainnollistaa luonnontieteiden roolia ympäristöongelmien ratkaisuisissa (Anastas & Lankey, 2000; Emsley, 2011). Elinkaariajattelu on ajankohtainen, tieteellisesti parhaillaan voimakkaasti kehittyvä, poikkitieteellinen tapa tarkastella kemian teknologiaa, esimerkiksi elinkaarianalyyseihin liittyvien ”jalanjalkien” määrittämisen kautta (Nikander, 2010).

Kemian opetuksen näkökulmasta elinkaariajattelu on aiheena sosio-luonnontieteellinen (engl. socioscientific issues; Zeidler, Sadler, Simmons & Howes, 2005). Sosio-luonnontieteellisessä lähestymistavassa tarkastellaan oppilaiden kanssa aitoa, eri toimijoiden näkökulmista ristiriitaista ja ajankohtaista aihetta. Oppitunnilla apuna käytetään mediaa, oppilaasta versovia kysymyksiä, mielipiteitä ja kiinnostuksen kohteita, yhteisöllistä opiskelua sekä väittelyä. Sosio-luonnontieteellisistä aiheista, kuten esimerkiksi tuotteen elinkaaresta, on mahdollista käydä avointa keskustelua liittyen sen sosiaaliin, taloudellisiin ja ekologisiin ulottuvuuksiin. Pohdinnan ja arvioinnin tavoitteena on paitsi oppia poikkitieteellisesti kemiaa, myös herätellä yksilön kommunikointi-, arviointi- ja päätöksentekotaitoja. (Marks & Eilks, 2009; Zeidler et al., 2005)

Kouluopetuksen tulisi korostaa yhä enemmän luonnontieteiden vaikutuksia arkielämään ja yhteiskuntaan (Rocard et al. 2007). Arki- ja ympäristönäkökulmat ovat osa

perusopetuksen ja lukion kemian opetussuunnitelmien oppimistavoitteita sekä arviointia (Opetushallitus, 2004; Opetushallitus, 2003). Kuitenkin kemian opettajat luonnehtivat nykyistä kemian opetusta oppilaan arjesta kaukaiseksi ja tuovat tärkeänä opetuksen kehittämisalueena esille uusiin kemian teknologioihin liittyvän opetuksen. Opettajat kokevat, että oppilaat motivoituvat kemian opiskeluun sen käsitellessä heidän arkiympäristöönsä liittyviä aiheita. (Aksela & Karjalainen, 2008; Marks & Eilks, 2009)

Kautta Euroopan, nuorten kiinnostus luonnontieteiden opiskeluun on laskenut viime vuosina hälyttävästi (Rocard et al. 2007; Marks & Eilks, 2009; Asunta, 2003). Tutkimuksellisen opiskelun on osoitettu innostavan nuoria luonnontieteiden opiskeluun (Rocard et al. 2007; Välishaari & Lundell, 2008; Colburn, 2000). Uusin tutkimustieto painottaakin oppilaiden kysymyksistä versovan, tutkimuksellisen opetuksen lisäämistä (Rocard et al. 2007; The Inter Academy Panel, 2010; Feierabend et al. 2011). Myös sosio-luonnontieteellisten aiheiden avulla on mahdollista tukea oppilaiden monipuolisia opiskelutaitoja ja aktiivista kiinnostusta luonnontieteisiin (Marks & Eilks, 2009).

Tämän tutkimuksen tavoitteena on vastata edellä esitettyihin haasteisiin. Opetukseen tarvitaan selvästi uusia, innostavampia lähestymistapoja, jotka syventävät oppilaiden näkemystä luonnontieteen yhteiskunnallisesta merkityksestä ja heidän omista vaikutusmahdollisuuksistaan. Sosio-luonnontieteellisten kysymysten avulla oppilaat voivat huomata, kuinka kemian aiheet heijastuvat arkiympäristössä ihmisten moraalikäsitelmiin ja hyveisiin (Zeidler et al., 2005). Eettiset kysymykset ja vastuullisuusajattelu ovat osa nykypäivän kemian opetusta (Dondi, 2011).

2. Kehittämistutkimus

Tämän kehittämistutkimuksen (engl. Design research; Edelson, 2002) tavoitteena on edistää tutkimuksellista kemian ympäristöarvokasvatusta sekä lisätä oppilaiden ympäristötietoisuutta ja positiivisempia asenteita kemiaa kohtaan. Tutkimuksessa haettiin vastauksia seuraaviin kysymyksiin: (i) Miten kemian oppikirjat tukevat oppilaan tutkimuksellista opiskelua ja elinkaariajattelua? (ii) Millaisia opetusmalleja täydennyskoulutettavat kemian opettajat kehittävät omaan opetukseensa elinkaariajatteluun liittyen? (iii) Millaista palautetta täydennyskoulutetut opettajat antavat tutkimuksellisuutta ja elinkaariaiheita käsitelleestä kemian täydennyskoulutuksesta? Tutkimus toteutettiin kehittämistutkimusmenetelmällä ja kvalitatiivisella tutkimusotteella (Edelson, 2002). Se sisälsi kaksi päävaihetta: ongelma-analyysin ja empiirisen opetusmallien (ks. liitteet 1 ja 2) kehittämisen.

Ongelma-analyysin kohderyhmänä olivat perusopetuksen ja lukion opetussuunnitelmat ja kemian suomenkieliset oppikirjat. Sisältöjä analysoitiin aineistolähtöisellä sisällönanalyysillä (Tuomi & Sarajarvi, 2004). Oppikirjoista etsittiin avainsanoja ”elinkaari”, ”elinkaariajattelu”, ”(vesi- tai hiili-) jalanjälki” ja ”ekologinen selkäreppu”. Sanojen esiintyminen luokiteltiin seuraaviin tasoihin: otsikkoteksti, kappaleteksti, kaavio (diagrammi, kuvaaja), kuva ja taulukko. Lisäksi tutkittiin kuinka monta elinkaariaiheita (edellä mainittuja avainsanoja) sisältävää tehtävänantoa kirjasarjasta löytyi sekä oliko tehtävänanto tutkimukselliseen opiskeluun kannustava.

Empiirisen tutkimusaineiston kerääminen tapahtui opettajien täydennyskoulutuksen yhteydessä. Koulutukseen osallistuneet neljä kemian opettajaa kehittivät omaan opetukseensa elinkaariaiheisia, tutkimuksellisen opiskelun opetusmalleja. Tutkimusaineisto analysointiin sisällönanalyysillä (Tuomi ja Sarajärvi, 2004). Kurssin päättyessä tavoitteena oli, että kehittynyt opetusmalli on i) testattu toimivaksi kouluympäristössä ja se pyrkii ii) tuomaan esille kemian roolia ympäristönsuojelussa, päätöksen teossa ja yhteiskunnallisessa keskustelussa, iii) motivoimaan ja innostamaan oppilasta kemian opiskeluun ja vastuulliseen ajatteluun iv) tutkimukselliseen, oppilaslähtöiseen työtapaan, missä oppilas löytää omia kiinnostuksen kohteita, ja v) kehittämään ajattelun ja ongelmanratkaisun taitoja, työskentelytaitoja sekä sosiaalista, aktiivista osallistumista (vrt Marks & Eilks, 2009). Opettajien palautetta täydennyskoulutuksen onnistumisesta kerättiin Opetushallituksen ja LUMA-keskuksen palautelomakkeella. Siinä opettajia pyydettiin arvioimaan kurssia erilaisin väittämin asteikolla 1 – 5, sekä avoimin vastauksin.

3. Tulokset

Teoreettista viitekehystä kootessa havaittiin, ettei elinkaariajattelun tutkimuksellista soveltamista kemian kouluopetukseen ole aiemmin tutkittu Suomessa tai maailmalla. Tutkimuksen tuloksena saatiin: i) tietoa kemian oppikirjojen tavoista käsitellä elinkaariaiheita, ii) uusia opetusmalleja elinkaariajattelua käsittelevään kemian opetukseen, (iii) tietoa elinkaariaiheisen ja tutkimuksellisen täydennyskoulutuksen toteutuksen onnistumisesta sekä (iv) tietoa uusien tutkimuksellisten oppimisympäristöjen laatimisprosessista.

Ongelma-analyysissä selvisi, että **oppikirjat** eivät juuri tue **opetussuunnitelmiin** kirjatuttuja tavoitteita elinkaariajatteluun ja ympäristötietoisuuteen liittyen. (Opetushallitus, 2004; Opetushallitus, 2003). Elinkaariaiheita käsittelevät kemian aiheet on suurelta osin jätetty kokonaan pois tai niitä on vähän. Tutkimuksellisia, elinkaariajatteluun liittyviä tehtävänantoja ei oppikirjoista löydy. Myös kemian mahdollisuuksia ja merkitystä kestäväen kehityksen edistäjänä käsitellään oppikirjoissa suppeasti. Elinkaariarviointi keskittyy kirjasarjoissa lähinnä yksittäisten tekijöiden (energia, luonnonvarat) kulutukseen ja unohtaa tuotteiden monitahoiset, välilliset ympäristövaikutukset. Usein elinkaariaiheet on jätetty oppikirjan loppuosaan.

Empiirisessä tutkimusosassa järjestettiin Helsingin yliopistolla **elinkaariaiheisen kemian ja tutkimuksellisen opiskelun täydennyskoulutusta** syksyllä 2010. Pilottikurssille osallistuneet kemian opettajat kehittivät nelipäiväisellä kurssilla omiin tarpeisiinsa uutta elinkaariaiheista kemian opetusta. Opetusmalleja muokattiin yhteisöllisesti kurssin opettajien ja kahden kemian opetuksen tutkijan kommenttien avulla tutkimukselliseksi eli oppilaan kysymyksistä versoviksi (vrt. Colburn, 2000). **Kehitetyt opetusmallit** on koottu taulukkoon 1.

Taulukko 1. Täydennyskoulutuksessa kehitetyt opetusmallit.

Työn nimi	Tutkittava aihe	Luokka-aste ja paikka opetuksessa	Ajan tarve
Vapaavalintaisen tuotteen elinkaari	projekti jonkin tuotteen tai materiaalin elinkaaresta verkko-oppimisolustalle, vertaiskehittäminen, esitys muille	Perusopetus 8 lk tai 9 lk	6 x 75 min
Veden elinkaari	veden kiertokulku ja jäteveden puhdistus	Lukio KE5	4 x 45 min
Puuvillan elinkaari	infotaulu: T-paidan tuotannon ja käytön vaikutukset ympäristöön	ammattillinen opetus (sosiaali- ja terveyden- huoltoalan- oppilaitos)	5-6 x 45 min

Opetusmalleista yläkouluun suunniteltu ja siellä toimivaksi havaittu ”vapaavalintaisen esineen kiertokulkua” tutkiva projektityö toteutti kaikki opetusmallille asetetut tavoitteet. Kehitetty opetusmalli on tutkimuksellisen opiskelun vaativinta tasoa, sillä siinä oppilas muotoilee itse sekä tutkimusongelman että tutkimusmenetelmät ja –tulokset (Colburn, 2000). Tämä opetusmalli on esitetty Liitteissä 1 ja 2.

Opettajat aikoivat käyttää tai käyttivät kehittämiään opetusmalleja omassa opetuksessaan joko koulutuksen aikana tai pian sen jälkeen. Opettajat arvioivat täydennyskoulutuskurssia oman työnsä kannalta hyödylliseksi ja antoivat sille keskimäärin hyvän (4) yleisarvosanan (asteikolla 1 – 5). He kokivat kurssin hyödylliseksi ja suosittelevat sitä myös kollegoilleen.

4. Johtopäätökset

Opettajien yhteisöllisesti kehittämä tutkimuksellinen elinkaariaiheinen kemian opetuksen malli tukee opetussuunnitelmien tavoitteita ympäristötietoisesta oppilaasta (Opetushallitus, 2004; Opetushallitus, 2003). Arkiympäristöön liittyvää ja oppilasta itseään kiinnostavaa aihetta tutkimalla voidaan useiden tutkimusten mukaan innostaa oppilasta kemian opiskeluun (Rocard et al. 2007; Välisaari & Lundell, 2008; Colburn, 2000; Marks & Eilks, 2009). Kuten Marks ja Eilks (2005) ovat useissa sosio-luonnontieteellisten kemian opetusmallien tutkimuksissa esittäneet, tavoitteena on vaikuttaa positiivisesti oppilaiden asenteisiin, motivaatioon ja monipuolisiin taitoihin opiskella kemiaa sekä kasvaa aktiiviseksi kansalaiseksi.

Jotta saavutamme tavoitteet, kemian opettajien roolia tietoisina ympäristökasvattajina on vahvistettava (vrt. Dondi, 2011). Täydennyskoulutukset ja uudet, yhteisöllisesti kehitetyt opetusmallit selvästi tukevat tätä prosessia (Feierabend et al. 2011; Aksela & Karjalainen, 2008). Ainoastaan oppikirjojen aineistoihin tukeutuva opetus ei voi saavuttaa kemian opetussuunnitelmiin ja asiantuntijaryhmien uusimpiin raportteihin kirjattuja tutkimuksellisten työtapojen ja ympäristökasvatuksen tavoitteita (Opetushallitus, 2004; Opetushallitus, 2003; Rocard et al. 2007; The Inter Academy Panel, 2010). Oppikirjoissa

on vähän elinkaariaiheisia tehtäviä ja teemat sijoittuvat usein kirjojen loppuosiin. Jos aihepiirin käsittely jää lukuvuoden loppuun, se voi kuvastaa oppilaalle ympäristöaiheiden vähäisempää tärkeysjärjestystä verrattuna muihin kemian opetusaiheisiin. Vastuu ajankohtaisen ja tärkeän elinkaariaiheiden mielenkiintoisesta käsittelystä on opettajan aktiivisuuden varassa.

Tämän kehittämistutkimuksen päämääränä on edistää ympäristöarvokasvatusta kemian opetuksessa. Tavoitteena on kehittää edelleen koulujen tarpeita vastaavaa, tutkimuksellista, elinkaariaiheista kemian opetusta. Vihreän kemian, elinkaariajattelun ja tutkimuksellisen opiskelun monipuolista aihepiiriä on tarkoitus käsitellä kaikkien opetusasteiden kemian opettajien täydennyskoulutuksissa sekä kemian opettajien koulutuksessa. Pyrkimyksenä on myös tutkia uudenlaisen opetuksen vaikutuksia oppilaisiin.

Lähteet

- Aksela M. & Karjalainen V. (2008). *Kemian opetus tänään: nykytila ja haasteet Suomessa*. Kemian opetuksen keskus, Kemian laitos, Helsingin yliopisto: Helsingin yliopistopaino Oy.
- Anastas, P.T. & Lankey, R.L. (2000). Life cycle assessment and green chemistry: the yin and yang of industrial ecology. *Green chemistry*, 2, 289-295.
- Asunta T. (2003). *Knowledge of environmental issues : where pupils acquire information and how it affects their attitudes, opinions, and laboratory behaviour* (akateeminen väitöskirja). Jyväskylän yliopisto.
- Colburn, A. (2000). An inquiry primer. *Science scope*, 23(6), 42-44.
- Dondi, F. (2011). Ethics in chemical education: Towards the culture of responsibility. Artikkelit esitetty konferenssissa The Concept of Responsibility: Ethics, Chemistry and the Environment –konferenssi, Modena, Italia.
- Edelson D. C. (2002). Design research: What we learn when we engage in design. *Journal of Learning Science*, 11, 105-121.
- Emsley, J. (2011) A healthy, wealthy, sustainable world... Education in chemistry, September. [verkkojulkaisu]
http://www.rsc.org/images/EiC_Sept2011_HWSWorld_tcm18-207119.pdf, luettu 22.11.2011.
- Feierabend T., Jokmin, S. & Eilks I. (2011). Chemistry teachers' views on teaching „climate change“ – an interview case study from research-orientated learning in teaching education. *Chemistry education research and practice*, 12, 85-91.
- Marks, R. & Eilks, I. (2009). Promoting Scientific Literacy Using a Sociocritical and Problem-Oriented Approach to Chemistry Teaching: Concept, Examples, Experiences. *International Journal of Environmental & Science Education* 4(3), 231-245.
- Nikander, S. (2010). Kemian avulla pienempiä jalanjälkiä. Kemian uutiset 1/2010. Kemianteollisuus ry. [verkkojulkaisu].
<http://www.helsinki.fi/kemia/kemiauutiset/tammikuu.pdf>, viitattu 22.11.2011.
- Opetushallitus. (2003). *Lukio-opetuksen opetussuunnitelman perusteet*. Vammala: Vammalan Kirjapaino Oy.

- Opetushallitus. (2004). *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet*. Vammala: Vammalan Kirjapaino Oy.
- Rocard M., Csermely P., Jorde D., Lenzen D., Walberg-Henriksson H. & Hemmo V. (2007). Euroopan komission asiantuntijaryhmän raportti, Science Education Now: A renewed pedagogy for the future of Europe, European Commission Directorate-General for Research Science, Economy and Society. http://ec.europa.eu/research/sciencesociety/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf, luettu 14.11.2011.
- Tuomi J. & Sarajärvi A. (2004). *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi*. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy.
- Välisaari J. & Lundell J. (2008). *Kemian opetuksen päivät 2008: Uusia oppimisympäristöjä ja ongelmalähtöistä opetusta*. Tutkimusraportti nro 129, Kemian laitos, Jyväskylän yliopisto.

Liite 1 – Oppilaan ohje

Tuotteeni elinkaari

Tavoitteena on selvittää elinkaari -käsitettä ja esitellä jonkin valitsemanne tuotteen elinkaarta. Koulussa projektin valmisteluun ja esitykseen on käytettävissä viisi - kuusi 75 min pituista oppituntia. Tallentakaa projektit internetissä olevalle oppimisalustallemme. Kirjoitatte tiimissä vapaamuotoisen raportin, joka esittää jonkin tavaran elinkaaren siinä määrin, kun se kyseisen tuotteen kohdalla onnistuu. Lisäksi opponoitte (kommentoitte) toisen tiimin raporttia. Projektia kirjoitetaan tiimityönä. Alla 'arviointiperusteet ja 'alustavat' ohjeet tuntikohtaisesti. Aina kun yksi vaihe on valmis, voitte siirtyä seuraavan tunnin aiheeseen.

TYÖN ARVIOINTI: Työstä arvioidaan kolme osa-aluetta, kustakin saa 1-3 plussaa.

1. *Motivaatio: innostuneisuus ja ryhmän työskentely, toisten töiden kommentointi*
2. *Itse työ: sisällöt, asiantuntevuus (omin sanoin!), selkeys, ytimekkyys*
3. *Luovuus: omien tutkimusongelmien asettaminen, esityksen monipuolisuus*



1. Tunti: Aiheeseen tutustuminen ja ongelmien asettaminen.

Virittäydytään aiheeseen opettajan keksimällä tavalla.

Raporttinne ensimmäiseksi kappaleeksi kirjoittakaa "Tuotteen elinkaari" -käsite omin sanoin. Päivittäkää tätä kuvausta projektin edetessä. Muistakaa koko projektin ajan ohjeiden mukaisen lähdeviitteiden käytön ja tallentamisen. Ilman lähdeviitettä olevat tekstikappaleet ovat hylättyjä.

Tutkimuksenne käynnistämiseksi tehkää elinkaari aiheesta vähintään viisi kysymystä liittyen yleisesti tuotteiden elinkaariin.

Valitkaa yhteisymmärryksessä jokin teitä kiinnostava tuote, jonka elinkaarta tutkit. Kirjoittakaa, miksi päädyitte tähän tuotteeseen. Tehkää vähintään viisi (teitä kiinnostavaa ja mietityttävää!) kysymystä lisää liittyen juuri tämän tuotteen elinkaareen.

Tarkastelkaa valitsemaanne tuotetta. Esitelkää se lyhyesti: Mitä materiaalia se on kemiallisesti? Mihin sitä käytetään? Miksi valitsit juuri tämän tuotteen? Löytyisikö netistä videolinkki tuotteeseen?

Lopuksi (kotiläksyksi?) asettakaa itsellenne tutkimusongelmia. Kirjoittakaa tutkimusongelmat selkeästi raporttiin otsikolla ”TUTKIMUSONGELMAT”. Voitte käyttää apuna alussa pohtimianne kysymyksiä. Tutkimusongelmien avulla lähdette selvittämään tuotteen elinkaarta. Käyttäkää ongelmien asettelussa esimerkiksi ”millainen”, ”miksi” tai ”miten” -kysymyksiä.

2-3. Tunti: Ongelmiin vastaaminen

Selvittäkää ja kuvailekaa tuotteen elinkaari – Keskittykää askel kerrallaan tuotteen koko elinkaareen, ei pelkästään valmistusprosessiin.

Kulutus (inputs) – Mitä kemiallisia aineita elinkaaren eri osat kuluttavat? Aloittakaa tuotteen valmistusvaiheista, edeten sen ensisijaiseen käyttötarkoitukseen ja loppuen kierrätys- tai jatkokäyttömahdollisuuksiin. Miettikää ainakin veden ja eri materiaalien kulutusta elinkaareen aikana. Lisäksi voitte pohtia esimerkiksi energian ja maapinta-alan kulumista. Vertaa kulutusta tuotteen elinikään.

Vaikutukset (outputs) - Kuvaile tuotteen vaikutuksia elinympäristöömme sen eri elinkaaren vaiheissa. Vaikutukset voivat olla esimerkiksi kemiallisia, ekologisia tai sosiaalisia. Mitä positiivisia vaikutuksia on? Entä negatiivisia, ei-toivottuja? Miten näitä voidaan tutkia? Pohtikaa myös saastevaikutuksia (yhdisteiden alkuperää, kulkeutumista, muuntumista ja vaikutuksia) ilmassa, vesissä, maaperässä ja eliöissä (ks. LIITE).

Arvoanalyysi - Miettikää oman tuotteesi hyödyllisyyttä ja tarpeellisuutta. Voitte pohtia esimerkiksi sen käyttöikä, käyttömahdollisuuksia, hyödyllisyyttä ja korvattavuutta verrattuna tuotteen ympäristövaikutuksiin ja elinkaareen. Tätä kutsutaan arvoanalyysin tekemiseksi.

Johtopäätökset – Löysittekö tuotteeseen liittyvää yllättävää tietoa? Mikä kosketti eniten? Löytyykö jotain, mikä järkytti tiimiläisiä?

4. Tunti: Kommentointi ja parantaminen

Tämä on hyvin tärkeä ja hankalakin vaihe! Tavoitteena on, että kaikki saavat uusia ideoita projekteihinsa ja antavat samalla ideoita muille. Kommentointi on osa projektinne arviointia. Kaikki antavat kehitysideoita toiselle tiimille. Hyvät kehitysideat auttavat eteenpäin ja ovat rakentavia. Käyttäkää kommenttien kirjoittamisessa eri tekstiväriä, niin kehitysideat erottuvat alkuperäisestä tekstistä.

Esitä siis kysymyksiä! Anna rakentavaa palautetta kavereidesi projektista. Mitkä projektin osat ovat sinusta kiinnostavimpia? Entä helpoimpia lukea? Miten parantaisit epäselvempiä projektin osia? Mitä mielestäsi puuttuu? Onko jokin turhaa?

Kotiläksy tai 5. tunti:

Valmistelkaa esityksenne saamanne palautteen ja uusien ideoiden perusteella. Oliko jotain merkittävää unohtunut? Onko teksti johdonmukaista, selkeää ja ymmärrettävää?



5.-6. Tunti: Projektin esittely.

Projektit esitellään koululla yhteisessä Gaalassa. Estradille nousette te, tutkijatiimit. Opponentit kysyvät vielä muutamia aiheeseen liittyviä, kuulijoita kiinnostavia ja oleellisia kysymyksiä (voitte sopia nämä etukäteen). Kotiväki ja muu koulu kutsutaan mukaan hienon illan viettoon!

LIITE: Kemiallista saastumista

Veteen, maahan, ilmaan ja/tai eliöihin:

Leväravinteet, asbesti, karsinogeenit, polttoaineet, hyönteismyrkyt, epäorgaaniset kaasut (CO_x , NO_x , SO_x , N_2O , HFC, PFC, SF_6), lääkeaineet, metaani, orgaaniset metallityhdisteet, radioaktiiviset aineet, orgaaniset kaasut (valokemiallisesti aktiiviset / halogenoidut hiilivedyt, PAH, dioxiinit, furaanit), patogeenit, pienhiukkaset (VOC, PM, NMVOC), pesuaineet, polykarbonaatti-bifenyylit, raskasmetallit, teratogeenit, torjunta-aineet, viemärijäte

Muutoksia eliöissä:

hormonitoiminnassa, kasvussa ja lisääntymisessä, kuolleisuudessa, perimässä

Vaikutus luontoon: biokertyvyys, happikato, ilmaston muutos, monimuotoisuuden väheneminen, otsonikato, pH-muutokset (SO_2 , NO_x , NH_3 ...), rehevöityminen (N, P...), suolaisuus, jätteet (haju, maku, väri, ääni...)

Lähde: 1) Pistekuormitus (kaupungit, teollisuus) esim. polttoprosessit, putkivuoto.
2) Hajakuormitus (maatalous) esim. valumat

Terveys riski: akuutti / krooninen, laji / biotooppi, laboratorio / kenttä

Liite 2 – Opettajan ohje

Tämä yläkouluun tai lukion tutkimuskurssille sopiva tutkimuksellisen kemian opiskelun kokonaisuus käsittää viidestä kuuteen 75 min pituista opetustuokiota. Projektissa tutkijatiimi valitsee heitä kiinnostavan tuotteen, jonka elinkaarta he tutkivat. Raportit työstetään internetissä olevalle oppimisalustalle. Työtiimit tai -parit voidaan joko arpoa tai sopia. Jokaiselle tiimille valitaan myös opponoiva tiimi ja tukihenkilöksi asiantuntija (opettaja, tutkija, teollisuuden edustaja). Projektia on mielekäs integroida esimerkiksi maantiedon, englannin ja äidinkielen oppituntien kanssa. Tiimit esittävät tutkimustuloksensa projektin huipentavassa gaalaillassa.

Oppilasarviointi ehdotus: Projektista arvioidaan henkilökohtaisesti kolme osa-aluetta, joista kustakin saa 0-3 plussaa. Lopussa opettaja voi vielä käydä oppilaan kanssa lyhyen arviointikeskustelun, jossa opettajan arviontia voi peilata oppilaan itsearviointiin.

1. **Motivaatio:** *innostuneisuus ja ryhmän työskentely, toisten töiden kommentointi*
2. **Itse työ:** *sisällöt, asiantuntevuus (omin sanoin!), selkeys, ytimekkyys*
3. **Luovuus:** *omien kysymysten ja tutkimusongelmien asettaminen, esityksen monipuolisuus*

PROJEKTIN ETENEMINEN

Oppilaiden tavoitteena on selvittää elinkaari -käsitettä ja esitellä jonkin valitsemansa, heitä inspiroivan tuotteen elinkaarta. Seuraavassa ehdotus oppituntikohtaisesti projektin etenemiseen. Tutkimusraportin kirjallista työtä vaativien vaiheiden ehdotettua kulkua kuvaat kirjaimet A – K. Aina kun yksi vaihe on valmis, oppilaat voivat siirtyä seuraavan tunnin aiheeseen:

1. Tunti: Aiheeseen tutustuminen ja ongelmien asettaminen.

Oppilaat saavat aloittaa aiheeseen perehtymisen lukemalla oppikirjasta elinkaari aiheita käsittelevät osiot tai opettajan valitseman aiheeseen johdattelevan teksti. Muodostetaan tutkijatiimit.

- A) Tiimit aloittavat raporttinsa kirjoittamisen kuvailemalla käsitettä "Tuotteen elinkaari" lyhesti ja omin sanoin. Käsitettä olisi suotavaa päivittää projektin edetessä. Heti alkuun oppilaita tulee ohjeistaa, kuinka tärkeää on käyttää tekstissä lähdeviitteitä ja miten ne halutaan merkittävän. Ilman viitettä olevat kappaleet hylätään. Kannattaa muistuttaa ryhmää myös tuotosten tallentamisesta koko projektin ajan.
- B) Tutkimuksen käynnistämiseksi tiimit tekevät raporttiinsa vähintään kymmenen kysymystä elinkaari aiheesta. Ensimmäiset viisi liittyvät yleisesti tuotteiden elinkaariin. Toiset viisi tiimin yhteisymmärryksessä valitseman, heitä kiinnostavan, tuotteen elinkaareen. Mitä useammista eri materiaaleista (paperi, muovi, kosmetiikka, pesuaine, tekstiili, lasi, keramiikka, metalli, ruoka tm. biomass...))

tuote koostuu, sitä monimutkaisempaa ja haarautuvampaa on elinkaaren selvitystyö. Tuote voi olla esimerkiksi sählymaila, reppu, kosteusvoide, autonrenkas, paita, jokin keraaminen tuote, rakennusmateriaalia, paperinen tuote tai ruokaa.

Tärkeintä olisi, että oppilaita kiinnostaa etsiä kysymyksiin vastauksia! Mielekästä oppimista tapahtuu, kun kysymykset ja innostus tutkia lähtevät oppilaiden omasta ihmettelystä ja pohdinnoista. Lisäkysymyksiä on suotavaa kirjata ylös myös tutkimuksen aikana, sitä mukaa, kun niitä herää.

Jos oppilaat eivät millään keksi kysymyksiä tai aiheen käsittely on kapea-alaista, opettaja voi johdatella oppilaita kysymään esim. seuraavanlaisia kysymyksiä:

1. Mitä tarkoittaa ”elinkaari”? Elinkaari kuvaa tuotteen tai toiminnon reittiä ns. kehdestä hautaan: Alkaen raaka-aineiden lähteeltä valmistukseen, jalostukseen, kulutukseen ja loppuen mahdolliseen hyötykäyttöön.
2. Mitä elinkaarta tutkimalla voidaan selvittää? Elinkaarianalyysiin kootaan tuotanto- tai toimintaketjun eri vaiheiden panoksia, kuten kulutettua energiaa, vettä ja materiaaleja (engl. inputs) sekä päästökuormitusta ilmaan, veteen tai maaperään (engl. Outputs). Analyysin tavoitteista riippuen voidaan elinkaareissa painottaa ympäristövaikutusten lisäksi myös taloudellisia, sosiaalisia tai ekologisia näkökulmia.
3. Mikä tai mitkä asiat tuotteiden elinkaarissa kiinnostavat minua eniten?
4. Miten se liittyy kemiaan? Elinkaariajattelun syvempään ymmärtämiseen tarvitaan kemian tietoja. Tuotteen, prosessin tai toiminnon aiheuttamat ympäristövaikutusten takana on aina kemiallisia reaktioita. Ympäristökemia tutkii kemiallisten aineiden alkuperää, reaktioita, kulkeutumista, muuntumista ja vaikutuksia esimerkiksi näihin liittyvän analytiikan, toksikologian ja ekologian avulla. Ympäristöongelmien havaitsemisessa, ehkäisemisessä, seurannassa ja ratkaisemisessa tarvitaan kemian osaajia. Ympäristökemiassa käsitellään muun muassa seuraavia aihealueita: happamoituminen, kierrätys, ilmaston muutos, ongelmajätteet, säästäminen, kemikaalien käsittely, vesitalous, pienet reagenssimäärät, otsonikato, kemikaalit luonnossa, energia, kestävä kehitys ja tuotteiden elinkaari. Ympäristökemian tulevaisuus riippuu suoraan uusien kemistien asialle omistautumisesta.
5. Miksi minun pitäisi pohtia tuotteen elinkaarta? Ympäristökemian tiedot ja elinkaariajattelu kehittävät jokaisen mahdollisuuksia osallistua ympäristöaiheita käsittelevään monimutkaiseen keskusteluun ja päätöksen tekoon. Ne auttavat ymmärtämään omaa vastuuta ja vaikutusmahdollisuuksia kuluttajina, tulevaisuuden asiantuntijoina ja ympäristöystävällisten aineiden ja menetelmien kehittäjinä.
6. Kuka tutkii tuotteiden elinkaaria? Elinkaaria tutkitaan kasvavasti ja laajaa-alaisesti yrityksissä, julkishallinnossa ja tutkimuslaitoksissa kuten yliopistoissa.

7. Ketä varten elinkaaria tutkitaan? Elinkaaridatasta ovat kiinnostuneet esimerkiksi aivan tavalliset ihmiset. He voivat käyttää elinkaarianalyysien tietoja kuluttajan, yrityksen työntekijän tai johtoportaan, julkishallinnoijan, kansalaisaktivistin tai vaikka ympäristökemian alan tutkijan roolissa.
 8. Mihin elinkaaridataa käytetään? Elinkaaridataa käytetään päätöksenteon tukena. Validoitua, standardoitua dataa sisältävä elinkaarianalyysi on käytössä muun muassa prosessien tai tuotteiden vertailussa, ja ympäristömerkkien myöntämisessä. Elinkaarianalyysien tiedot toimivat apuna tuotekehityksessä, investointipäätöksissä, tiedottamisessa, markkinoinnissa ja uutisoinnissa. Uuden tiedon avulla voidaan pureutua erilaisiin ympäristöongelmiin.
 9. Minkälaisiin ympäristöongelmiin elinkaariajattelulla voidaan pureutua? Esimerkiksi erilaisten päästöjen ja jalanjalkien laskemiseen ja kohdentamiseen. Elinkaariarvioinnissa esille tulevat päästöt jakautuvat todellisuudessa usein lukuisiin kategorioihin. Näitä luokkia ovat muun muassa aavikoittamis-, happamoittamis-, ilmastonlämmittämis-, otsonin tuhoamis-, rehevöittämis-, ja toksisuuspotentiaalit alaluokkineen. Analyysin teettäjän tavoitteista riippuu, mitä muuttujia arviointiin halutaan sisällyttää. Ilmastonmuutos ja luonnonvarojen ehtyminen ovat nostaneet keskusteluun erityisesti ihmisten, tuotteiden ja prosessien hiili- ja vesijalanjäljet.
 10. Voiko elinkaarianalyysin tekoa opiskella jossain? Voi, useissa yliopistoissa ympäri maailman, esimerkiksi Stuttgartin ja Leidenin yliopistoissa Saksassa tai Columbian yliopistossa New Yorkissa.
http://www.clca.columbia.edu/people_ra.html
 11. Herääkö sinussa muita ristiriitaisia ajatuksia?
 12. Liittykö valitsemasi tuotteen valmistukseen mahdollisesti joitakin eettisiä ongelmia?
 13. Mitä eettisesti oikeudenmukainen tai vastuullinen tuote tarkoittaa? Tällaisen tuotteen tekijät ovat huomioineet tuotteen elinkaaren ympäristövaikutukset ja sen taloudellisia, sosiaalisia, humanitaarisia tai ekologisia ulottuvuuksia. Eettisesti oikeudenmukaisen tuotteen elinkaari pyrkii vastuullisuuteen: Se ei vähennä luonnon monimuotoisuutta, kiihdytä ilmastomuutosta, kuluta uusiutumaton energiaa, polje vähemmistöjen tai eläinten oikeuksia tai vaaranna puhtaan, makean veden ja ravinnon riittävyyttä.
- C) Asettamistaan kysymyksistä tiimien tulee muodostaa itselleen tutkimusongelmia. Ne kirjataan raporttiin selkeästi otsikolla ”TUTKIMUSONGELMAT”. Opettaja ohjeistaa oppilaita mitä se tarkoittaa. Ongelmien asettamiseen sopivat hyvin esimerkiksi ”millainen”, ”miksi” ja ”miten” -kysymykset.

Tuotoksen tyyli on raportissa vapaa (tekstiä, piirrosta, taulukkoa, kuvaa, videota ja/tai muuta tallennetta). Kuitenkin kuvailun ja selityksen tulee olla viitteineen selkeää, vaikka oikeita vastauksia ei löytyisikään. Onhan tiedon vähyys tai

puutekin tutkimustulos, jonka voi kirjata raporttiin.

Tiimit tutkivat valitsemaansa tavaraa. Tunnin lopulla (tai kotiläksynä) kirjoitetaan raporttiin vielä johdanto tuotteesta:

- D) **Tuotteen esittely** – Millainen valittu tuote on? Mitä materiaalia se on ja mihin sitä käytetään. Miksi valitsitte juuri tämän tuotteen? Löytyisikö netistä videolinkki tuotteeseen?

2-3. Tunti: Ongelmiin vastaaminen

Tiimien tehtävänä on siis koota heistä kiinnostavaa, elinkaariaiheista tietoa tuotteestaan. Tämän tiedon avulla heidän tulee pystyä kuvailemaan tuotteen elinkaarta monipuolisesti tai siinä määrin kuin se kyseisen tuotteen kohdalla onnistuu.

- E) **Tuotteen elinkaari** – Tuotteen elinkaaren pääpiirteitä kuvailevia kysymyksiä: Millaisia vaiheita tuotteen elinkaareen liittyy? Mistä maasta raaka-aineet ovat peräisin? Miten ja missä tuote kootaan lopulliseen muotoonsa? Käytetäänkö kemiallisia apu- ja lisäaineita? Millaisia? Mitä tapahtuu käytön jälkeen? Voidaanko tuotteen materiaaleja hyötykäyttää? Missä elinkaaren vaiheessa syntyy eniten jätettä? Minkälaista jätettä syntyy kemiallisesti? Mihin se päättyy ja miksi? Hajoaako se luonnossa? Miten se hajoaa? Vaikuttaako tuote eniten ilmaan, vesistöihin, maaperään vai eliöihin? Tiimejä ohjeistetaan keskittymään siis laaja-alaisesti kohta kerrallaan tuotteen koko elinkaareen, ei pelkästään valmistusprosessiin.
- F) **Kulutus (inputs)** – Mitä kemiallisia aineita elinkaaren eri osat kuluttavat? Tiimit aloittavat tuotteen valmistusvaiheista, edeten sen ensisijaiseen käyttötarkoitukseen ja lopulta kierrätys- tai jatkokäyttömahdollisuuksiin. Tiimit miettivät ainakin veden ja eri materiaalien kulutusta suhteessa tuotteen koko elinkaareen. Lisäksi he voivat pohtia esimerkiksi energian ja maapinta-alan kulumista. Millaista energiaa ja maata alaa kuluu? Apukysymyksiä: Kuluttaako tuotteen valmistus/käyttö/hävitys (vaihe) mielestäsi eniten vettä/energiaa/materiaaleja? Mitä tietoa löydätte mielipiteenne tueksi? Kuinka paljon energiaa kukin tuotteen elinkaari kuluttaa? Millaista energiaa? Kuinka paljon vettä tuotteesi valmistus kuluttaa?
- G) **Vaikutukset (outputs)** – Mitä vaikutuksia tuotteella on elinympäristöön sen elinkaaren eri vaiheissa? Vaikutukset voivat olla esimerkiksi kemiallisia, ekologistia tai sosiaalisia. Mitä positiivisia vaikutuksia? Entä negatiivisia, ei-toivottuja? Miten näitä voidaan tutkia (analytiikka, toksikologia, ekologia ja sosiologia) Oppilaita voi ohjata pohtimaan esimerkiksi seuraavia laajoja ja monimutkaisia saastevaikutuksia (yhdisteiden alkuperä, kulkeutuminen, muuntuminen ja vaikutukset).

- H) **Arvoanalyysi** – Tiimit pohtivat tuotteensa hödyllisyyttä ja tarpeellisuutta. Olisiko se korvattavissa jollain kestävämmällä tuotteella? Kuinka kauan tuotettasi voidaan käyttää ja pohdi syitä sen käyttöikään. He voivat miettiä, miten käyttöikä voidaan pidentää tai tuotteen käyttöä voidaan tehostaa ja vähentää. Vertaa tuotteen hyödyllisyyttä ja käyttömahdollisuuksia sen ympäristövaikutuksiin ja elinkaareen, mitä havaitset? Tätä kutsutaan arvoanalyysin tekemiseksi.
- I) **Johtopäätökset** – Löytyykö tuotteeseen liittyen yllättävää tietoa? Mikä kosketti eniten? Löytyykö jopa ns. shokkidataa eli tietoa, mikä jopa järkytti tiimiläisiä?

4. Tunti: Kommentointi ja parantaminen

Oppilaita voi muistuttaa, että tämä on hyvin tärkeä vaihe ja osa projektin arviointia. Tiimit perehtyvät opponoimiinsa raportteihin ja kommentoivat niitä. Näin kaikki saavat uusia ideoita projekteihinsa ja antavat samalla ideoita muille. Kaikkien olisi tuettava ja annettava kehitysideoita toiselle tiimille. Hyvät kehitysideat auttavat eteenpäin ja ovat rakentavia. Jos oppilaat eivät ole oppoineet ennen, on opettajan hyvä ohjeistaa heitä melko tarkkaa. Opponimisessa voi käyttää kirjoitettaessa eri tekstiväriä, niin lisätyt kehitysideat on helppo poimia alkuperäisestä tekstistä. On hyvä painottaa, ettei kenenkään tule vahingossakaan muuttaa muiden kirjoittamaa tekstiä. Jos tiimit saavat opponentoinnin valmiiksi, heitä ohjeistetaan kommentoimaan jonkun seuraavan ryhmän työtä vastaavasti.

- J) **'''Miten kommentointi tapahtuu?'''** – Esitä kysymyksiä ja anna rakentavaa palautetta kavereittesi töistä. Ne voivat olla esimerkiksi kysymyksiä ja linkkivinkkejä. Mitkä projektin osat ovat sinusta kiinnostavimpia ja helppolukuisimpia? Miten parantaisit epäselvempiä projektin osia? Mitä mielestäsi puuttuu? Onko jokin turhaa?

Kotiläksy tai 5. tunti

- K) Oppilaat työstävät esityksensä valmiiksi saamansa palautteen ja uusien ideoiden perusteella. Oliko jotain merkittävää unohtunut? Koettakaa lukea elinkaariraporttianne "ulkopuolisen silmin". Onko teksti johdonmukaista, selkeää ja ymmärrettävää?

5.-6. Tunti

Projektin esittely. Projektit esitellään koululla yhteisessä Gaalaillassa. Tässä estradille nousevat työn tekijät opponenttien kysyessä vielä muutamia (ehkä ennalta sovittuja) aiheeseen liittyviä, kuulijoita kiinnostavia ja oleellisia kysymyksiä. Vanhemmat kutsutaan mukaan hienon illan viettoon, jonka pääosassa ovat oppilaat!

Kehittämistutkimus: Kemian kouluopetukseen soveltuvan molekyylimallinnusympäristön kehittäminen

Johannes Pernaa & Maija Aksela

Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto

Tässä artikkelissa raportoidaan ensimmäisen vaihe kehittämistutkimuksesta, jonka tavoitteena on kehittää ratkaisuja, miten molekyylimallinnus saadaan keskeisemmäksi osaksi kemian kouluopetusta. Kehittäminen toteutettiin kahdessa syklissä. Ensimmäinen sykli toteutettiin yritysysteistyönä ja toisessa syklissä kehitettiin ensimmäisen syklin tuotos suomalaiseseen koulukulttuuriin soveltuvaksi. Tutkimusta ohjasi kaksi kysymystä: 1) *Millainen molekyylimallinnusympäristö mahdollistaa mallinnuksen siirtymisen kemian kouluopetukseen?* ja 2) *Millaisia tekijöitä ympäristön kehittämisessä tulee huomioida innovaation diffuusion maksimoimiseksi?* Tutkimus koostui teoreettisesta ongelma-analyysistä ja kehittämisvaiheesta. Ongelma-analyysi kohdistui innovaation diffuusioteoriaan, aikaisemman tutkimuskirjallisuuden ja opetussuunnitelmien perusteiden asettamien mahdollisuuksiin ja haasteisiin. Kehittämistuotoksena saatiin suomenkielinen avoimeen lähdekoodiin pohjautuva mallinnusympäristö, jota koulut voivat käyttää suoraan verkosta käsin ilman koneelle asentamista. Mallinnusympäristön tavoitteet ja sisällöt määriteltiin opetussuunnitelmien perusteiden ja aikaisemman tutkimustiedon avulla. Mallinnusympäristö rakentuu neljästä osasta: 1. tiedotus, 2. mallinnusharjoitukset, 3. molekyylitietokanta ja 4. linkkilista. Osat kehitettiin yksilötasolla tapahtuvaan innovaation diffuusioon pohjautuen. Jokainen osa on edellisistä osaa teknisesti haastavampi käyttää, mutta tarjoaa samalla monipuolisemmin erilaisia kemian visualisointeja. Lisäksi tutkimuksessa todettiin, että molekyylimallinnusympäristöjen kehittämisessä on tärkeää huomioida innovaatio diffuusioteorian ryhmäluokittelusta aikaisemman enemmistön tarpeet, jos innovaation halutaan diffuusioidun laajalle.

1. Johdanto

Tässä artikkelissa raportoidaan ensimmäinen vaihe kehittämistutkimuksesta, jonka päätavoitteena on kehittää ratkaisuja, miten mallinnus saadaan keskeisemmäksi osaksi kemian kouluopetusta. Tutkimusaihe on tärkeä, sillä tutkimusten mukaan molekyylimallinnuksella voidaan tukea opiskelijoiden opiskelumotivaatiota ja kiinnostusta kemiaa kohtaan. Kiinnostavuuden lisääminen taas on yksi kemian opetuksen tutkimuksen suurista haasteista. Kemian opettajien mukaan molekyylimallinnuksen opetuskäytön kehittäminen lisää oppilaiden kiinnostusta. (esim. Aksela & Lundell, 2007, 2008)

Tutkimuksessa kehitettiin verkkopohjainen molekyylimallinnusympäristö (www.edumol.fi/mallinnus), jonka kehittäminen toteutettiin kehittämistutkimuksena (Edelson, 2002). Ensimmäinen kehittämisvaihe raportoidaan kehittämiskuvauksena (Bell, Hoadley & Linn, 2004), johon sisällytetään Edelsonin (2002) mukaisen kehittämistutkimuksen kaikki ydinosa-alueet: kehittämisprosessi, ongelma-analyysi ja kehittämituotos. Kehittäminen koostui kahdesta syklistä (ks. luku 2), josta ensimmäinen raportoidaan vain kuvailevasti (ks. luku 2.1), sillä se toteutettiin yritysysteistyönä ja kehittämis päätökset sisältävät liikesalaisuuksia.

2. Molekyylimallinnusympäristön alustavan version kehittäminen

2.1 Kehittämissykli I - Tutkimuksesta liiketoimintaa -hanke 2009-2010

Molekyylimallinnusympäristön kehittämistutkimushanke syntyi Helsingin yliopiston Kemian laitoksen Kemian opettajankoulutusyksikön molekyylimallinnustutkimuksen yhdeksi sovellusalueeksi keväällä 2009. Kehittämistutkimuksen tarve saatiin yritysmaailmasta. Lääkealalla toimiva yritys ehdotti tutkimushanketta, jossa tavoitteena olisi kehittää molekyylimallinnusympäristö, jonka avulla voitaisiin tukea yrityksen tuotemarkkinointia ja -koulutusta laadukkaampien ja opetuksellisesti tehokkaampien molekyylivisualisointien avulla. Yrityksen aikaisemmat materiaalit eivät visualisoineet riittävän hyvin myytävien tuotteiden sub-mikroskooppista tasoa, joka antaisi työkaluja tuotteiden toimintaa selittävän kemian myymiseen ja kouluttamiseen.

Tutkimuksen ensimmäisen kehittämissyklin tavoitteena oli hyödyntää Helsingin yliopiston laskennallisen kemian ja molekyylimallinnuksen opetuskäytön osaamista kemian, bioteknologian ja lääketeollisuuden alan yritysten tarpeisiin soveltuvien molekyylivisualisointien kehittämispohjana. Yritysyhteistyökumppani tarjosi projektiin kehittämisvaroja, lisää näkemystä kokonaisvaltaisemman asiakastarveanalyysiin suorittamiseksi sekä ketterän sovelluskehitysympäristön, jonka piirteitä olivat muun muassa kehitettävän mallinnusympäristön autenttinen testaaminen asiakasrajapinnassa sekä nopeat iteratiiviset palaute- ja kehittämissykli. Kehittämistutkimushanke toteutettiin vuosien 2009-2010 aikana osana Tekesin rahoittamaa Tutkimuksesta liiketoimintaa – hanketta (TULI-hanke) (TULI, 2011). TULI-vaiheen päättyessä mallinnusympäristö koostui staattisista (kuva), dynaamisista (animaatio) ja interaktiivisista (java-appletit) molekyylivisualisoinneista, jotka jaettiin käyttäjille usb-muistitikuilla.

2.2 Kehittämissykli II - Kehitetyn mallinnusympäristön siirtäminen kouluopetukseen

TULI-kehittämisen loputtua ryhdyttiin pohtimaan, voisiko kehitetyllä mallinnusympäristöllä olla siirtomahdollisuutta kemian kouluopetukseen. Uusille mallinnusratkaisuille olisi kemian opetuksessa tarvetta, sillä esimerkiksi tutkimusten Aksela ja Lundell (2007, 2008) mukaan molekyylimallinnuksen hyödyntäminen opetuksessa oli Suomessa vähäistä. Myös vuonna 2008 suoritettun Kemian opetus tänään -tutkimuksen mukaan vain kahdeksan prosenttia kemian opettajista hyödynsi tieto- ja viestintätekniikkaa (TVT) oman opetuksensa tukena ja aihe oli eniten toivottu täydennyskoulutustoive. Tämä kahdeksan prosenttia pitää sisällään myös tietokoneavusteisen molekyylimallinnuksen. (Aksela & Karjalainen, 2008, 73, 83 ja 93)

Tutkimuksen teoreettisen ongelma-analyysin avulla pyrittiin määrittelemään kehittämistä ohjaavat mahdollisuudet ja haasteet. Analyysi kohdistui sekä kehittämistuotokseen (mallinnusympäristön tekniset ominaisuudet ja sisällöt) että kehittämiskohteeseen (molekyylimallinnuksen kouluihin siirtymisen tukeminen) (ks. luku 2.2.1). Tutkimuksen toista kehittämissykliä ohjattiin seuraavilla tutkimuskysymyksillä: 1) *Millainen molekyylimallinnusympäristö mahdollistaa mallinnuksen siirtymisen kemian*

kouluopetukseen? ja 2) Millaisia tekijöitä ympäristön kehittämisessä tulee huomioida innovaation diffuusion maksimoimiseksi?

2.2.1 Teoreettinen ongelma-analyysi: Molekyylimallinnusinnovaation diffuusion tukeminen

Kouluihin siirrettävän mallinnusympäristön kehittämistä pyrittiin ohjaamaan opetussuunnitelmien perusteiden (ks. luku 2.2.1.1), innovaation diffuusioteorian (ks. luku 2.2.1.2) ja suomalaisen molekyylimallinnuksen opetuskäytön historiataustatarkastelun avulla (ks. luku 2.2.1.3). Teoreettisen viitekehyksen valinta perusteltiin siten, että molekyylimallinnuksen hyödyntämistä kemian opetuksessa tarkasteltiin innovaationa. Innovaatioksi voidaan määritellä asia, johon tietyssä tapauksessa sisältyy esimerkiksi uudenlaisia toiminta- tai ajattelutapoja (Rogers, 1962, 13). Tämä antoi keinoja ympäristön kehittämiseen, sillä koulutukseen liittyviä innovaatioita on tutkittu paljon. Kirjallisuuden pohjalta tiedetään, että innovaatioiden diffuusio kouluihin on erittäin hidasta. Koulutukseen liittyvien innovaatioiden hitaaseen diffuusioon on useita syitä, muun muassa innovaatioiden heikko tieteellinen pohja, diffuusioita edistävien henkilöiden puute ja innovaatioiden pieni kaupallinen potentiaali. (Rogers, 1962, 39-43)

Donnellyn, McGarrin ja O'Reillyn (2011) mukaan diffuusion etenemisessä opettajalla on keskeinen rooli. Tämä luo innovaatioiden kehittämiselle selkeän tavoitteen. Käyttöön otettavan TVT-innovaation on sovelluttava koulukulttuuriin ja tarjottava opettajalle aikaisempaa parempia toimintatapoja opetuksen toteuttamiseen. Zhaon, Pughin, Sheldonin ja Byersin (2002) mukaan teknologian diffuusiolle kouluihin asettaa haasteita useat tekijät, jotka voidaan luokitella kolmeen kategoriaan: 1) innovaattori (opettaja), 2) innovaatio ja 3) diffuusiokohde (koulu).

- **Innovaattori:** Opettajan tulee tietää käytettävän teknologian tekniset ja sosiaaliset mahdollisuudet ja haasteet sekä osattava sovittaa ne yhteen sopivien pedagogisten toimintatapojen kanssa. Lisäksi TVT:n käyttö vaatii opettajalta tukiverkostoa, joka antaa tukea teknisiin ja teoreettisiin ongelmiin. (Zhao et al. 2002)
- **Innovaatio:** Innovaation tulee soveltua koulukulttuuriin ja käytössä oleviin toimintatapoihin. Uuden TVT-työkalun käyttöönottoa tukee yhteensopivuus käytössä olevien teknologiaresurssien kanssa. Lisäksi uuden innovaation tulisi olla helposti käyttöönotettava. (Zhao et al. 2002)
- **Diffuusiokohteen** täytyy tarjota innovaattorille ja innovaatiolle diffuusiota tukevia palveluja. Tällaisia palveluja ovat esimerkiksi tekninen ja tiedollinen ylläpito sekä vertaistukijärjestelmä. (Zhao et al. 2002)

Tässä tutkimuksessa mallinnusympäristöä pyrittiin kehittämään pääosin innovaattorin ja innovaation tarpeet huomioon ottaen, mikä esimerkiksi Linnin (1996) mukaan on tärkeää. Hänen mukaan opettajat usein epäonnistuvat TVT-innovaation omaksumisessa, koska innovaatioiden kehittäjät ovat usein tutkijoita, jotka eivät ymmärrä loppukäyttäjän

tai diffuusiokohteen asettamia rajoituksia tai mahdollisuuksia, eivätkä siten osaa kehittää tarpeeseen kohdennettuja toimintatapoja.

2.2.1.1 Molekyyylimallinnus opetussuunnitelmien perusteissa

Uusimpien peruskoulun ja lukion opetussuunnitelmauudistusten jälkeen TVT:n hyödyntäminen on noussut kemian opetuksessa entistä keskeisemmäksi. Vuosiluokilla 7-9 ja lukiossa painotetaan yhä enemmän nykyaikaisen maailmankuvan muodostumista osana yleissivistystä sekä vastuun kantamista osana yhteiskuntaa ja elinympäristöä. (Opetushallitus, 2003, 152-155; Opetushallitus, 2004, 195-197) Myös kemian opettajien mukaan TVT ja erityisesti tietokoneavusteinen molekyyylimallinnus on olennainen osa lukion kemian opetusta. Peruskoulussa sen merkityksen koettiin olevan pienempi. (Pernaa, Aksela & Lundell, 2009)

Lukiossa molekyyylimallinnus voidaan sisällyttää yleisen teknologian ja kemian mallien alle. Lukiossa opiskelijat perehtyvät moderniin TVT:aan yhtenä tutkimus- ja mallinnustyökaluna. Mallien avulla tulkitaan, esitetään ja arvioidaan tietoa ja tuloksia ja niiden luotettavuutta. Mallinnusta tehdään TVT:n lisäksi visualisoimalla verbaalisesti, graafisesti ja kirjallisesti. Kemian sisällöistä opetussuunnitelmien perusteet nostavat erityisesti esille kemialliset reaktiot, kemiallisen sidoksen, isomerian, orbitaalit, alkuaineisiin, molekyyliin ja yhdisteisiin liittyvät rakenteet ja niiden ominaisuudet. (Pernaa et al. 2009)

2.2.1.2 Koulutukseen liittyvät innovaatiot ja niiden diffuusio

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan innovaation diffuusiota sekä yksilö- että ryhmätasolla. Innovaation omaksuminen ei tapahdu välittömästi. Yksilötasolla diffuusio etenee taitohierarkian mukaan seitsemässä vaiheessa:

0. **Ei käyttöä:** Ei tietoa, ei diffuusiota.
1. **Orientoituminen:** Innovaatiosta etsitään tietoa.
2. **Valmistautuminen:** Valmistaudutaan ottamaan innovaatio käyttöön.
3. **Mekaaninen käyttö:** Innovaatiota käytetään mekaanisesti tehtävän suorittamiseen.
4. **Rutinoituminen:** Käyttäminen on rutiininomaista, eikä suuria muutoksia käytäntöihin ole suunnitteilla.
5. **Kehittäminen:** Innovaatiota kehitetään paremman tuloksen aikaansaamiseksi.
6. **Yhteistyö:** Innovaatiota kehitetään verkostoitumisen kautta.
7. **Uudistaminen:** Innovaation voimakas kehittäminen ja soveltaminen. (Hall & Hord, 1987)

Rogersin (1995) mukaan innovaation käyttöönottoon vaikuttavat yksilötasolla useat seikat. Innovaatio omaksutaan useammassa tapauksessa, jos se tarjoaa omaksujan mielestä aikaisempaan verrattuna parempia toiminta- tai ajattelutapoja ja sopii omaksujan

tarpeisiin, resursseihin ja osaamiseen. Innovaation tulee olla helposti omaksuttavissa. Rogersin mukaan innovaatiot, jotka voidaan omaksua suhteellisen nopeasti eri tasoilla omaksujan kykyjen ja resurssien mukaan, diffusioituvat menestyksekkäästi. Innovaatiota on mahdollista esimerkiksi kokeilla ennen sitoutumista (esim. ohjelmiston kokeiluversio). Innovaation omaksujaa motivoi myös muutoksen näkyvyys ympäristössä, jolloin muun muassa vertaistuki nopeuttaa diffuusiota. Kommunikaatio on samankaltaisten asenteiden, tavoitteiden ja osaamistason vuoksi homogeenisessä ryhmässä on tehokasta, mutta innovaation diffuusio vaatii kuitenkin aina heterogeenisen ryhmän (esim. asiantuntija vs. noviisi). Jos kaksi ihmistä ymmärtävät innovaation täysin samoin, diffuusiota ei tapahdu. (Rogers, 1995)

Fishmanin, Marxin, Blumenfeldin, Krajcin ja Solowayn (2004) mukaan kouluihin menestyksekkäästi diffusioituvan TVT-innovaation tulee olla a) yksilöllisiin tarpeisiin soveltuva, b) pitkäikäinen ja c) käytettävä. Tällä he tarkoittavat innovaatiota, joka on adaptoitavissa pienellä vaivalla kouluihin paikallisella tasolla. Heidän mukaansa innovaation tulee niin ikään tarjota opettajille aikaisempaa parempia ratkaisuja, kuten esimerkiksi uudentyyppisen TVT-työkalun opetuksen eriyttämiseen. Lisäksi he painottavat, että helposti käyttöönotettava innovaatio sopeutuu sellaisenaan koulukulttuuriin. Se kytkeytyy opetussuunnitelmien perusteisiin ja tarjoaa opettajille resursseja, mutta ei korvaa heitä kokonaan.

Opettajat jaetaan viiteen kategoriaan sen mukaan, miten he vastaanottavat innovaatioita:

1. **Innovaattorit:** 2,5 % opettajista on innovaattoreita, jotka tarttuvat rohkeasti uusiin ideoihin ja pyrkivät edistämään niiden diffuusiota.
2. **Varhaiset omaksujat:** 13,5 % opettajista kuuluu varhaisten omaksujien ryhmään, jotka toimivat paikallisina mentoreina ja ovat usein arvostetussa asemassa omassa työyhteisössä.
3. **Aikainen enemmistö:** Aikainen enemmistö kattaa 34 % opettajista. He omaksuvat uudet ideat hieman keskimääräistä aikaisemmin ja ovat tärkeitä innovaation yleistymisessä laajemmalle.
4. **Myöhäinen enemmistö:** Myöhäinen enemmistö (skeptikot) (34 %) omaksuu uudet ideat hieman keskimääräistä myöhemmin. Heidän omaksumisensa takana on usein taloudellinen tai sosiaalinen paine, ja he tarvitsevat usein vertaistukea innovaation käyttöönotossa.
5. **Viivyttelijät:** Viivyttelijät (16 %) pitävät vahvasti kiinni perinteistä ja suhtautuvat innovaatioihin ja innovaattoreihin epäluuloisesti. (Rogers, 1962, 148-192)

2.2.1.3 Molekyyylimallinnuksen diffuusio suomalaisen kemian opetukseen

Tietokoneavusteisen molekyyylimallinnuksen tutkimus on alkanut maailmanlaajuisesti 1980-luvun loppupuolella (ERIC, 2011), kun taas Suomessa vastaavanlainen tutkimus, opettajille suunnatut julkaisut ja molekyyylimallinnuskoulutus ovat alkaneet 2000-luvun alussa (esim. Aksela & Lahtela-Kakkonen, 2001; Aksela & Lundell, 2007, 2008; Lundell & Aksela, 2003). Viimeisimmän kymmenen vuoden aikana molekyyylimallinnuksen

opetuskäyttö ei ole merkittävästi noussut, vaikka aiheesta on kirjoitettu jonkin verran opettajille suunnattuja julkaisuja ja koulutusta on ollut tarjolla (ks. esim. Aksela & Juvonen, 1999; Aksela & Karjalainen, 2008; Aksela & Lundell, 2007).

Ongelmana diffuusion hitaudessa eivät ole kemian opettajien asenteet. Opettajat suhtautuvat mallinnukseen erittäin positiivisesti ja tiedostavat mallinnuksen mahdollisuudet. Diffuusion hitauden pääsyyt ovat tiedot, taidot ja resurssiongelmat. Molekyylimallinnuksen käyttöönotossa haasteita aiheuttavat muun muassa mallinnusohjelmien hinta, tietokoneiden määrät ja usein vähäiset tietotekniset taidot, jolloin mallinnuksen liittäminen osaksi opetusta on haastavaa. Myös suomenkielisen opetusmateriaalin puuttuminen ja vähäinen koulutustarjonta vaikeuttavat mallinnuksen siirtymistä opetukseen. (Aksela & Lundell, 2007) Tutkimusten mukaan opettajat kaipaavat lisää tukea mallinnusohjelmien käyttöön sekä suomenkielistä materiaalia, joka soveltuu peruskoulun opetukseen ja lukion kursseille. Opettajien mukaan tarvetta olisi myös suomenkieliselle molekyylimallinnuskirjalle, joka sisältäisi paljon opetukseen soveltuvia harjoitustehtäviä. (Aksela & Lundell, 2007; Aksela, Lundell, & Pernaa, 2008; Pernaa et al. 2009) Tutkimuksissa Aksela ja Lundell (2007) sekä Aksela et al. (2008) on myös kartoitettu opetuskäyttöön soveltuvan molekyylimallinnusohjelmiston ominaisuuksia. Kemian opettajien mukaan sen tuli olla käyttöjärjestelmä riippumaton, visuaalisesti mielenkiintoinen, teknisesti helppokäyttöinen, ilmainen ja sitä pitäisi pystyä käyttämään verkon yli ilman koneelle asentamista.

2.2.2 Tulokset: Kehitetyn oppimisympäristön alustava versio

Tulokset kappaleessa esitellään ensin kehitetty mallinnusympäristö (kehittämistuotos) (ks. luku 2.2.2.1), jonka jälkeen kehittämispäätökset perustellaan teoreettisen ongelmanalyysin pohjalta (ks. luku 2.2.2.2). Lopuksi tarkastellaan vielä lyhyesti kehittämisprosessia (ks. luku 2.2.2.3).

2.2.2.1 Kehittämistuotos

Molekyylimallinnusympäristön ensimmäinen versio koostuu neljästä osasta. Osa 1 on tiedotusta tukeva artikkelisarja, johon on integroitu käytännön mallinnusesimerkkejä. Osat 2-4 muodostavat itsenäisen mallinnusympäristökokonaisuuden, jossa jokainen taso on yksilötason innovaation diffusioitumisen mukaan edellistä tasoa haastavampi käyttää.

1. **Tiedotus:** Mallinnusympäristön ensimmäinen taso koostuu Jmol-molekyylimallinnus-ohjelmiston suomennoksesta (Edumendo Oy, 2011; Jmol, 2011; Pernaa, 2011a) ja kahdeksasta Jmol-ohjelmiston käyttöä tukevasta yleistajuisesta tema-artikkelista (Pernaa, 2011b). Suomennos ja artikkelisarja toteutettiin LUMA-Keskuksen, Helsingin yliopiston ja yritysysteistyökumppanin välisenä yhteistyöprojektina. Artikkelisarjassa keskityttiin esittelemään Jmol-ohjelmiston mahdollisuuksia kemian opetuksen tukena visualisoimalla muutamia keskeisiä lukiokemian ilmiöitä, kuten esimerkiksi hybridiorbitaalit, kemialliset

sidokset ja isomeria. Artikkeleiden kirjoittamisessa hyödynnettiin lukion opetussuunnitelmien perusteita (Opetushallitus, 2003), jonka näkökulmia pyrittiin tukemaan kemian opetuksen tutkimuskirjallisuuden avulla (ks. esim. Jmol osa 5 - Hybridisaation visualisointi (www.luma.fi/artikkelit/809/jmol-osa-5-hybridisaation-visualisointi)).

2. **Mallinnusharjoitukset:** Mallinnusympäristön toinen taso koostuu opetussuunnitelmien perusteiden (Opetushallitus, 2003) ja tutkimustiedon (esim. Pernaa et al. 2009) mukaisista mallinnusharjoituksista. Mallinnusharjoituksia kehitettiin ensimmäiseen versioon yhdeksän kappaletta ja ne jaettiin tasaisesti kaikille lukion kemian kursseille.
3. **Molekyyli tietokanta** sisältää noin 100 keskeistä lukiokemiassa esiintyvää molekyyliä ja niiden IR-spektrit. Suurimmalle osalle molekyyleistä on laskettu elektronitiheyspinnat, orbitaalit ja värähtelyt. Tietokanta sisältää myös rajapinnan Wikipediaan, josta löytyy yleistajuinen kuvaus jokaisesta molekyylistä. Tietokantaa käytetään käyttäjää ohjaavalla suomenkielisellä käyttöliittymällä, jossa käyttäjä saa tietoa painikkeiden toiminnasta asettaessaan hiiren kursorin painikkeen päälle.
4. **Linkkilistaan** on seulottu noin 300 mallinnussivustosta 11 opettajien ja tutkijoiden suosittelemaa molekyyli mallinnussivustoa. Sivustot sisältävät teoriaa, kuvia, animaatioita, simulaatioita, molekyyli malleja ja tietokantoja.

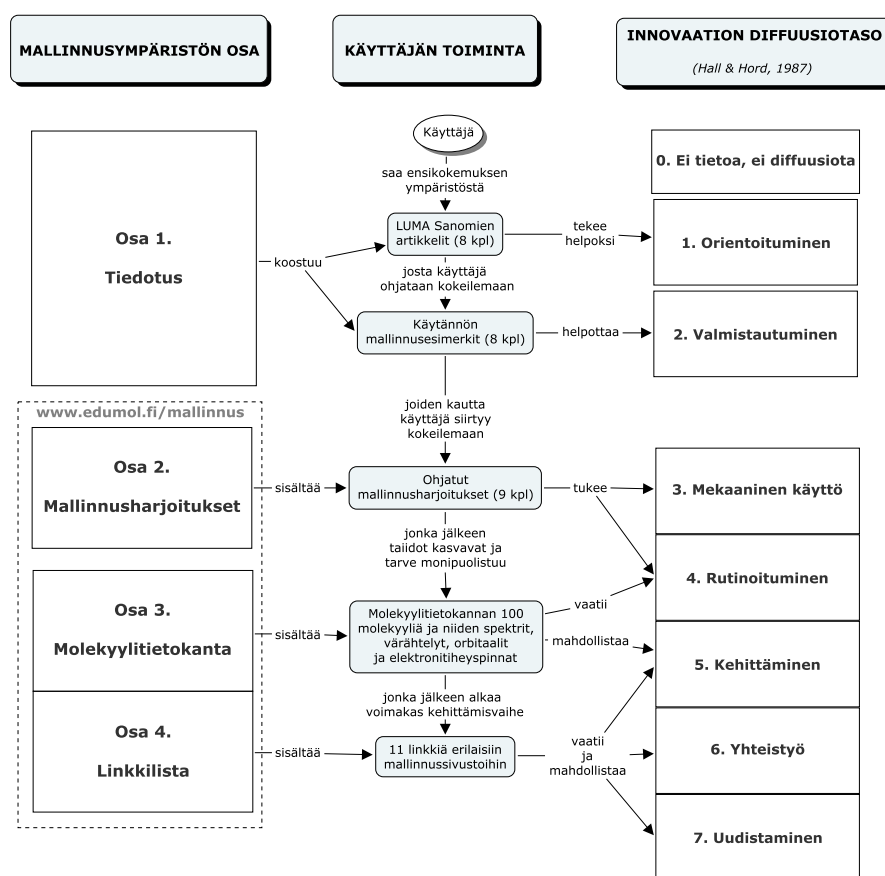
Ympäristön käyttö ei vaadi koneelle asentamista, vaan se on rakennettu Jmol -java-applettien päälle. Java-applettien käyttö vaatii Java Runtime environment (jre) -plugin asennettuna verkkoselaimeen. Kehitetty ympäristö toimii pöytäkoneissa ja kannettavissa kaikissa uusimmissa verkkoselaimissa, mutta java-applet -teknologia ei ole tuettuna taulutietokoneissa (esim. iPad) tai älypuhelimissa.

2.2.2.2 Teoreettiseen ongelma-analyysiin pohjautuvat kehittämisspätökset

Teoreettinen ongelma-analyysi ohjasi kehitettävän oppimisympäristön rakennetta, sisältöä ja teknistä toteutusta koskevia kehittämisspätöksiä. Rakenteen suunnittelussa hyödynnettiin yksilötason innovaation diffuusioteorian määrittelemiä innovaationhallitsemiskategorioita, jonka avulla perusteltiin ympäristön jakaminen neljään osaan (ks kuva 1).

1. LUMA Sanomien **tiedotusosa** tarjoaa opettajille helposti lähestyttävän tutustumiskanavan. Artikkelit ovat yleistajuisia ja houkuttelevat lukijoita testaamaan käytännön mallinnusesimerkkejä. Osa 1 tukee yksilötason diffuusiosta tasoja **orientoituminen** ja **valmistautuminen**, jolloin innovaatiosta etsitään tietoa ja se valmistaudutaan ottamaan käyttöön. (vrt. Hall & Hord, 1987)

- Artikkeleilla ja käytännön mallinnusesimerkeillä potentiaalinen käyttäjä houkutellaan testaamaan konkreettisen mallinnusympäristön ensimmäistä tasoa, eli opetus suunnitelmien mukaisia mallinnusharjoituksia. **Mallinnusharjoituksissa** käyttäjä opastetaan kohta kohdalta harjoituksen läpi, jolloin pyritään tukemaan yksilötason diffuusion innovaatiotasoa **mekaaninen käyttö** ja **rutinoituminen**. (vrt. Hall & Hord, 1987)
- Käyttäjän **rutinoituessa** mallinnusympäristön käyttöön, hän voi siirtyä **molekyylitietokannan** käyttäjäksi. Tietokanta tarjoaa paljon mahdollisuuksia mallinnusympäristön käytön **kehittämiseksi** ja sen kokonaisvaltaiseen integrointiin osaksi omaa opetusta. Tietokanta sisältää lähes kaikki lukiokemian molekyylit sekä niiden elektronitiheyspinnat, orbitaalit ja spektrit, mikä antaa käyttäjälle aivan uuden soveltamismahdollisuuden. (vrt. Hall & Hord, 1987)
- Linkkilista** edustaa mallinnusympäristön korkeinta diffuusiotasoa. Linkkilista tarjoaa käyttäjälle rajattomat mahdollisuudet. Lista sisältää esimerkiksi koko orgaanisen kemian perusteorian interaktiivisilla visualisoinneilla tuettuna tai biomolekyylien tarkastelumahdollisuuden proteiinitietokannassa. Linkkilistan hyödyntäminen antaa mahdollisuuden **yhteistyöverkostoja** vaativalle voimakkaalle oman opetuksen **uudistamiselle** (vrt. Hall & Hord, 1987)



Kuva 1. Käyttäjän toiminta mallinnusympäristössä ja vaadittava innovaation diffuusiotasoa.

Mallinnusympäristön tavoitteet määriteltiin opetussuunnitelmien perusteiden avulla (Opetushallitus, 2003). Sisältö suunniteltiin aikaisempaan tutkimustietoon pohjautuen (ks. Aksela & Lundell, 2007; Aksela et al. 2008; Pernaa et al. 2009). Taulukossa 1 on esitelty kehitettyjen mallinnusharjoitusten tavoitteet ja kehittämisessä käytetyt tutkimusjulkaisut, joissa on kartoitettu opettajien käsityksiä mallinnettavista kemian ilmiöistä.

Taulukko 1. Mallinnusharjoitusten aiheet.

Kurssi	Nimi	Tavoite opetussuunnitelmista (Opetushallitus, 2003)	Lähde tutkimuskirjallisuudesta
KE1	Orgaaniset yhdisteryhmät	Tutustutaan orgaanisten yhdisteryhmien funktionaalsiin ryhmiin ja opitaan rakentamaan molekyylejä 2D- ja 3D-työkaluilla.	Aksela & Lundell, 2007; Aksela et al. 2008; Pernaa et al. 2009
KE1	Aminohapot ja proteiinit	Tutustutaan aminohappoihin ja opitaan neljä erilaista proteiinirakennetta.	Aksela & Lundell, 2007; Aksela et al. 2008; Pernaa et al. 2009
KE2	Kemiallinen sidos	Tutustutaan erilaisiin sidostyypppeihin.	Aksela & Lundell, 2007; Aksela et al. 2008; Pernaa et al. 2009
KE2	Hybridisaatio	Opitaan orgaanisten yhdisteiden rakenteita tutkimalla hybridiorbitaaleja.	Pernaa et al. 2009
KE2	Isomeria	Opitaan käyttämään erilaisia malleja aineen rakenteen ja ominaisuuksien välisen yhteyden selvittämisessä.	Aksela & Lundell, 2007; Aksela et al. 2008; Pernaa et al. 2009
KE3	Kemiallinen reaktio	Tutustutaan erilaisiin kemiallisia reaktioita kuvaaviin malleihin.	Aksela & Lundell, 2007; Aksela et al. 2008; Pernaa et al. 2009
KE2 KE3	IR-spektroskopia	Tutustutaan rakenteiden määrittämenetelmiin.	Aksela & Lundell, 2007; Aksela et al. 2008
KE4	Synteettiset polymeerit	Tutustutaan IR-spektroskopiaan, molekyylien värähtelyyn ja funktionaalisten ryhmien tunnistamiseen.	Pernaa et al. 2009
KE5	Hapon vahvuuden mallintaminen	Hapon vahvuuden päättely laadullisten mallien avulla.	Pernaa et al. 2009

Tekninen toteutus perusteltiin niin ikään aikaisemmalla tutkimuskirjallisuudella. Useiden tutkimusten mukaan kemian opettajat haluavat valmista materiaalia verkkoon, jota he voivat soveltaa haluamansa mukaan. Molekyylihallinnusohjelmistot ovat kalliita ja niiden asentaminen vaikeaa, joten opettajat ovat toivoneet ilmaisia verkon yli toimivia ratkaisuja. Mallinnusympäristölle rakennettiin myös helposti käytettävä suomenkielinen käyttöliittymä, joka ohjaa käyttäjää tarpeen mukaan. (ks. Aksela & Lundell, 2007; Aksela et al. 2008; Pernaa et al. 2009) Näiden teknologiaratkaisujen avulla pyritään tekemään käyttöönotto vaivattomaksi ja siten saavuttamaan Rogersin (1962) luokittelun mukainen aikainen enemmistö, joka koettiin tärkeänä innovaation yleistymisen kannalta.

2.2.2.3 Kehittämisprosessi

Kehittämisen tukena hyödynnettiin kehittämistutkimukselle luonteenomaisesti erilaisia sidosryhmiä (esim. yritykset ja LUMA Sanomat) resurssien mahdollistamisessa ja tuotoksen loppukäyttäjiä (kemian opettajat) tuotoksen arvioinnissa. Yritysyhteistyö mahdollisti teknologisia ja rahallisia resursseja, kun taas esimerkiksi LUMA Sanomat järjesti projektin tiedotuskanavan. Kehittäminen toteutettiin myös vuovaikutuksessa kentällä toimivien kemian opettajien kanssa. Aina kun uusi LUMA Sanomien artikkeli julkaistiin, tuli artikkelista avointa palautetta suullisesti tai sähköpostilla. Hyvin usein palaute huomioitiin ja joitain asioita kyseiseen visualisointiin liittyen jatkokehitettiin välittömästi.

3. Johtopäätökset ja pohdinta

Tämä kehittämistutkimushanke sai alkunsa yritysmaailman tarpeista. Yritysyhteistyövaiheessa kehittämistuotoksen tavoitteena oli tuotteiden myynnin lisääminen ja asiakkaiden sitoutumisasteen nostaminen. Näiden tavoitteiden pohjalta ei ollut mahdollista luoda kouluihin siirrettävää mallinnusympäristöä, jossa kehittämisen kohteena on opettaja, joka tekee mahdollisen käyttöönottopäätöksen uudesta opetusteknologiasta (vrt. Donnelly et al. 2011; Linn, 1996). Teoreettisen ongelma-analyysin sekä avoimen ja vuorovaikutteisen kehittämisen myötä opettajien tarpeet pystyttiin sisällyttämään osaksi tutkimusta. Kehitettävän mallinnusympäristön sisällöt ja teknologinen toteutus perusteltiin aikaisemman tutkimuskirjallisuuden avulla. Tämä on suoritettuna kehittämistutkimuksen vahvuus, sillä Suomessa on nimenomaan tutkittu kemian opettajien käsityksiä siitä mitä pitäisi mallintaa ja millainen mallinnusympäristö koulumaailmaan soveltuisi. Näin pystyttiin kehittämään opettajien (innovaattoreiden) ja koulujen (diffuusiokohde) tarpeet kohtaava molekyylihallinnusympäristö, jonka oletetaan tulevaisuudessa siirtyvän kemian kouluopetukseen aikaisempaa selkeästi tehokkaammin (ks. Aksela & Lundell, 2007; Aksela et al. 2008; Pernaa et al. 2009; Zhao et al. 2002)

Kuten teoreettisissa ongelma-analyysissä tuodaan ilmi, verrattaessa kemian opetuksen tilaa käsitteleviä tutkimuksia Aksela & Juvonen (1999) ja Aksela & Karjalainen (2008), ei tietokoneiden hyödyntämisessä osana kemian opetusta ole viime vuosikymmenen aikana tapahtunut suurta muutosta. Tähän voi olla syynä se, että tähän asti kehittäminen ei ole kohdistunut Rogersin (1962) innovaatioteorian määrittelemän aikaisen enemmistön tarpeisiin vaan innovaattoreiden ja aikaisten omaksujien tarpeisiin (esim. Aksela & Lundell, 2007, 2008). Aikainen enemmistö on tärkein ryhmä innovaation valtavirtaistumisen kannalta. Kun aikainen enemmistö omaksuu innovaation, se antaa myöhemmille enemmistölle sen kaipaamaa poliittista, tiedollista ja taidollista tukea. Nämä kaksi ryhmää muodostavat 68 % kaikista opettajista. (vrt. Rogers, 1962) Tässä tutkimuksessa aikaisen enemmistön tarpeet pyrittiin huomioimaan teknologisella helppokäyttöisyydellä ja innovaation diffuusioteorian mukaisesti rakennetuilla innovaation omaksumistasoilla. Potentiaalisen käyttäjän ei tarvitse nähdä vaivaa ohjelmistojen asentamiseen eikä käyttäjän tarvitse sitoutua rahallisesti ohjelmiston ostamiseen, vaan ympäristö suomenkielinen ja ilmaiseksi käytettävissä suoraan verkosta käsin (vrt. Rogers,

1995).

Tulevaisuudessa mallinnusympäristöä tullaan testaamaan systemaattisemmin osana autenttista kouluopetusta. Jatkokehittämisen tueksi tarvitaan lisää tietoa siitä, miten mallinnusympäristöä käytetään kemian opetuksen tukena. Kemian opettajia tullaan sitouttamaan entistä vahvemmin osaksi kehittämisprosessia, sillä kemian opettaja tietää parhaiten, mikä hänen oppilailleen soveltuu. Tutkimukseen täytyy sisällyttää Rogersin (1962) innovaatioiden omaksumiskategorioiden mukaisesti opettajia useasta eri kategoriasta. Näin varmistetaan kehittämisen kohdistuminen suurille opettajamassoille eli aikaisille ja myöhäisille omaksujille.

Lähteet

- Aksela, M. & Juvonen, R. (1999). *Kemian opetus tänään*. Helsinki: Opetushallitus, Edita Oy.
- Aksela, M. & Karjalainen, V. (2008). *Kemian opetus tänään: Nykytila ja haasteet Suomessa*. Helsinki: Kemian opetuksen keskus, Kemian laitos, Helsingin yliopisto, Yliopistopaino.
- Aksela, M. & Lahtela-Kakkonen, M. (2001). Molekyylitason teknologiaa opetuksessa. *Kemia-Kemi*, 28(3), 200-203.
- Aksela, M. & Lundell, J. (2008). Computer-based molecular modelling: Finnish school teachers experiences and views. *Chemistry Education Research and Practice*, 9, 301- 308.
- Aksela, M. & Lundell, J. (2007). Kemian opettajien kokemuksia tietokoneavusteisesta molekyylimallinnuksesta. Kirjassa M. Aksela & M. Montonen (toim.), *Uusia lähestymistapoja kemian opetukseen perusopetuksesta korkeakouluuihin* (s. 226-247). Helsinki: Yliopistopaino.
- Aksela, M. Lundell, J. & Pernaa, J. (2008). Molekyylimallinnuksen mentoreita kemian opetuksen ja oppimisen tueksi. Kirjassa J. Välisaari & J. Lundell (toim.), *Kemian opetuksen päivät 2008: Uusia oppimisympäristöjä ja ongelmalähtöistä opetusta* (s. 59-68). Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto.
- Bell, P., Hoadley, C. M. & Linn, M. C. (2004). Design-based research in education. Kirjassa M. C. Linn, E. A. Davis & P. Bell (toim.), *Internet environments for science education* (s. 73 - 85). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Donnelly, D., McGarr, O. & O'Reilly, J. (2011). A framework for teachers' integration of ICT into their classroom practice. *Computers & Education*, 57(2), 1469-1483.
- Edelson, D. C. (2002). Design research: What we learn when we engage in design. *The Journal of the Learning Sciences*, 11, 105-121.
- Edumendo Oy. (2011). Jmol suomennos. <http://edumendo.blogspot.com/2011/01/jmol-suomennos.html>, luettu 22.11.2011.
- ERIC: Education Resources Information Center. (2011). <http://www.eric.ed.gov/>, luettu 22.11.2011.
- Fishman, B., Marx, R. W., Blumenfeld, P., Krajcik, J. & Soloway, E. (2004). Creating a framework for research on systemic technology innovations. *Journal of Research in Science teaching*, 13(1), 43-76

- Hall, G. & Hord, S. (1987). *Change in schools: Facilitating the process*. Albany, NY: State University of New York Press.
- Jmol. (2011). Jmol: an open-source Java viewer for chemical structures in 3D. <http://www.jmol.org/>, luettu 8.3.2011.
- Linn, M. C. (1996). From separation to partnership in science education: Students, laboratories, and the curriculum. Kirjassa R. F. Tinker (toim.), *Microcomputer-based Labs: Educational research and standards* (s. 13-45). Berliini: Springer.
- Lundell, J. & Aksela, M. (2003). Molekyyylimallinnus kemian opetuksessa osa 1: Molekyyylimallinnus ja kemian opetus. *Dimensio*, 67(5), 47-49.
- Opetushallitus. (2003). *Lukion opetussuunnitelman perusteet 2003*. Vammala: Vammalan Kirjapaino Oy.
- Opetushallitus. (2004). *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004*. Vammala: Vammalan Kirjapaino Oy.
- Pernaa, J. (2011a). Ilmainen suomenkielinen molekyyylimallinnus-ohjelmisto opettajille. *LUMA Sanomat*, <http://www.luma.fi/artikkelit/383/ilmainen-suomenkielinen-molekyyylimallinnus-ohjelmisto-opettajille>.
- Pernaa, J. (2011b). Uusi artikkelisarja alkaa: Jmol kemian opetuksen tukena. *LUMA Sanomat*, <http://www.luma.fi/artikkelit/489/uusi-artikkelisarja-alkaa-jmol-kemian-opetuksen-tukena>.
- Pernaa, J., Aksela, M. & Lundell, J. (2009). Kemian opettajien käsityksiä molekyyylimallinnuksen käytöstä opetuksessa. Kirjassa M. Aksela & J. Pernaa (toim.), *Arkipäivän kemia, kokeellisuus ja työturvallisuus kemian opetuksessa perusopetuksesta korkeakouluihin - IV Valtakunnalliset kemian opetuksen päivät* (s. 195-204). Helsinki: Yliopistopaino.
- Rogers, E. M. (1995). *Diffusion of Innovations*, 4th edition. New York: Free Press.
- Rogers, E. M. (1962). *Diffusion of Innovations*, 1st edition. New York: Free Press.
- TULI. (2011). <http://www.tuli.info/>, luettu 26.9.2011.
- Zhao, Y., Pugh, K., Sheldon, S. & Byers, J. (2002). Conditions for classroom technology innovations. *Teachers College Record*, 104(3), 482-515.

Liite 1 – Kemian opetuksen päivät 2011 ohjelma



KUUDENNET VALTAKUNNALLISET KEMIAN OPETUKSEN PÄIVÄT 2011

Kansainvälinen kemian vuosi: "Oikeenlaista kemiaa"

23.-24.3.2011

OHJELMA Kesäviikko 23.3.2011 Messukeskus

Pj. Nina Aremo, Suomen Kemian Seura, Kemian opetuksen jaosto

10:00 - 10:30 Päivien avaus – ajankohtaista kemian opetuksesta, opetusneuvos Marja Montonen

10:30 - 11:00 Katsaus korkeakouluopetukseen ja kansainvälisyyteen, prof. Kristiina Wähälä HY

11:00 - 12:00 'Would you like to study science?' - Influencing factors on students'

(missing) interests in science and approaches to improve the situation,

Prof. Ilka Parchman, IPN Kiel, Saksa

12:00 - 14:00 Lounas ja näyttelyyn tutustumiseen aikaa

14:00 - 14:30 Ympäristön luonnollinen radioaktiivisuus Suomessa, prof. Jukka Lehto HY

14:30 - 15:00 Radioisotooppien lääketieteellinen käyttö - Radiolääkkeaineet, FT Anu Airaksinen

15:00 - 15:45 Kansainvälisyys ja koulujen yhteistyö

IUPAC vesiprojekti, Nina Aremo

eTwinning, Marja Montonen

Science-verkosto, Auli Siipola

15.45 – 16:00 Päätösanat, opetusneuvos Marja Montonen





OHJELMA Torstai 24.3.2011 Kemian laitoksella

Pj. Marja Happonen, Kemian Opetuksen Keskus, Kemian laitos, Helsingin Yliopisto

- 9:00 - 9:45 Päivän aloitus ja katsaus kemian opetuksen uusiin tuuliin (Prof. Maija Aksela)
- 9:45 - 10:45 Opiskelijoiden oppiminen ja käsitykset oppimisympäristöstä. (FT Anna Parpala)
- 10:45 - 11:30 Turvallista työskentelyä kemian opetuksessa (Eeva Toppari)
- 11:30 - 12:00 Tieto- ja viestintätekniikka kemian opetuksen tukena (FL Johannes Pernaa)
- 12:00 - 13:00 Lounas ja näyttelyyn tutustuminen
- 13:00 - 14:00 Työpajatyöskentely 1
- 14:00 - 14:30 Näyttelyyn tutustuminen
- 14:30 - 15:30 Työpajatyöskentely 2
- 15:30 - 16:00 Päivien koonti (Prof. Maija Aksela)

Torstain 24.3. työpajat 1 ja 2:

Työpajoihin ilmoittaudutaan e-lomakkeella Kemian Opetuksen Päiville ilmoittautumisen yhteydessä.

- a) Kansainvälinen Kemian vuoden vedentutkimushanke kouluille, Simo Tolvanen
- b) Molekyyligastronomia, Jenni Västinsalo
- c) Moderniteknologia kokeellisessa kemian opetuksessa, Antti Pohjola
- d) EChemTest - testaa kemian tietojasi ja taitojasi tietokonetestillä, Nina Aremo
- e) Molekyylimallinnus kouluopetuksen tukena, Johannes Posti
- f) Molekyylimallinnusta maksuttomilla ohjelmistoilla, Johannes Pernaa
- g) Uusia lähestymistapoja kemian käsitteiden ja ilmiöiden opettamiseen, Maija Aksela ja kemian opettajaopiskelijat
- h) Kemian uudet tietolähteet, Kumpulän Tiedekirjasto, Kaija Sipilä (vain työpaja 1)
- i) SOLO-taksonomia kemian kokeellisuuden opettamiseen tukena, Päivi Tomperi
- j) Arviointi ammatillisessa koulutuksessa, Pirkko Laurila (vain työpaja 1)
- k) Noviiisopettajien haasteet ja mahdollisuudet työelämässä, Heidi Handolin (vain työpaja 2)

Lisätietoja:

<http://www.helsinki.fi/kemman/opettajille/kemianopetuksenpaivat.html>

Marja Happonen, marja.happonen@helsinki.fi, p. 050-415 0633

Nina Aremo, nina.arem@helsinki.fi, p. 050-356 3886



Liite 2 – Tutkimusartikkelien arviointikriteerit

Kemian opetuksen päivien 2011 tutkimusartikkelien arviointikriteerit

Hyvä arvioija.

Kokonaisvaltaiset ja yksityiskohtaiset arvioinnit ovat tärkeitä kirjan toimittamiseen liittyvien päätösten teossa. Arviointien toivotaan sisältävän konkreettisia ehdotuksia kirjoittajille, miten he voivat parantaa käsikirjoitustaan. Kemian opetuksen päivien kokoomateoksessa julkaistaan monentyyppisiä tutkimusartikkeleita. Kehotamme arvioijia huomioimaan arviointirungosta tarkasti kaikki arvioitavaa tutkimusta koskevat arvioinnin kohteet.

Arviointikriteerit

Kirjallisuuskatsaus

Kirjallisuuskatsaus on ajankohtainen ja keskittyy tutkimuksen kannalta vain olennaiseen. Kirjallisuuskatsaus osoittaa yhteyden suoritettun ja aikaisemman tutkimuksen välillä. Tutkimusta ohjaava teoreettinen kehys on aiheellinen ja perusteltu.

Ongelmat, kysymykset tai hypoteesit

Tutkimuksessa on yksi tai useampi eksplisiittinen ongelma, kysymys tai hypoteesi. Ongelmat, kysymykset tai hypoteesit ovat tärkeitä kemian opetukselle ja oppimiselle. Ongelmat, kysymykset tai hypoteesit nousevat esille tutkimuskirjallisuudesta.

Metodologia

Metodologia soveltuu ongelmille, kysymyksille tai hypoteeseille. Metodologia soveltuu käytetylle tutkimustyyppille (esim. etnografinen, filosofinen..). Metodologia on raportoitu perusteellisesti mutta ytimekkäästi. Otokset ja otostaminen ovat selkeästi kuvailtu. Aineistot ja aineistojen lähteet ovat selkeästi kuvailtu. Käsikirjoitus sisältää tutkimuksen luotettavuustarkastelun. Käsikirjoitus sisältää esimerkkejä aineiston keräämistyökaluista, esimerkiksi haastattelumenetelmät, käsitekartat, havainnointimenetelmät.

Tulokset

Taulukot, kuvaajat ja kuvat ovat valmiita, helppoja lukea ja helpottavat tutkimuksen ymmärtämistä. Lainaukset ovat dokumentoituja ja tukevat väitteitä. Tulokset käsittelevät ongelmia, kysymyksiä tai hypoteeseja.

Johtopäätökset

Tulokset tukevat johtopäätöksiä.

Johtopäätökset käsittelevät ongelmia, kysymyksiä tai hypoteesejä.

Johtopäätökset ottavat kantaa tutkimuksen merkittävyyteen kemian opetuksen ja oppimisen näkökulmasta.

Tyyli ja kirjallinen ilmaisu

Käsikirjoitus sisältää tiivistelmän.

Otsikko on yhdenmukainen tutkimuksen kanssa.

Käsikirjoitus on kirjoitettu ohjeistetun tyylin mukaisesti.

Käsikirjoitus on selkeä, tiivis ja helppo lukea.

Arviointikriteerit ovat käännetty soveltuvin osin The Journal of Research in Science Teaching lehden arviointikriteereistä.

Kirjan toimitus

Maija Aksela, Johannes Pernaa & Marja Happonen